

A STUDY ON SCIENTIFIC LITERACY OF GRADE 9 STUDENTS IN BANGKOK
METROPOLIS AND ITS VICINITY

A DISSERTATION
BY
PRASONG MATEAPINITKYUL

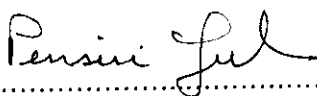
Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

MAY 2005

Copyright 2005 by Srinakharinwirot University

The dissertation titled
"A Study on Scientific Literacy of Grade 9 Students in Bangkok Metropolis and its Vicinity"
by
Mr. Prasong Mateapinitkul

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

 Dean of the Graduate School
(Asst. Prof. Dr. Pensiri Jeradechakul)

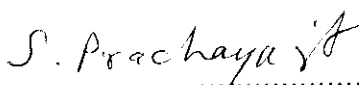
20 May 2005

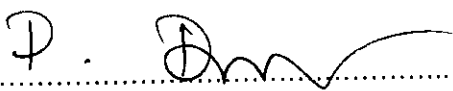
Oral Defense Committee

 Chair
(Assoc. Prof. Dr. Kanjana Chookruvong)

 Co-advisor
(Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok)

 Co-advisor
(Dr. Manat Boonprakob)

 Reader
(Assoc. Prof. Dr. Supaluk Prachayasittikul)

 Reader
(Dr. Precham Dechsri)

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

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deep gratitude to my committee Chair, Associate Professor Dr. Kanjana Chookruvong, for her generous invaluable guidance, encouragement, and excellent comment though my dissertation. I am also impressed with Associate Professor Dr. Nason Phonphok and Dr. Manat Boonprakob, co - advisors, for their great guidance, valuable comments and encouragement me during the period of my dissertation work.

I am also grateful to my reader; Associate Professor Dr. Supaluk Prachayasittikul and Dr. Precharn Dechsri, for their valuable suggestions ; Dr. Supattra Tongkalaya for her great editing of the final draft of this research study; Assistance Professor Dr. John Rudolf for his advice of my dissertation during my study at UW-Madison, Wisconsin USA. I also thank Professor Dr. Peter Hewson, Professor Dr. Kevin Niemi, Professor. Dr. Michael W. Apple, and Professor Dr. Thomas S. Popkewitz for their advice and assistance during my studied at UW-Madison, Wisconsin USA; I would like to express my appreciation to Associate Professor Dr. Prayaong Pongthongchareon, former Director of Science Education Center, SWU, and his staff, for their supports and help throughout the study; The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), for the financial support of my studied at Srinakarinwirot University and University of Wisconsin Madison.

My sincere gratitude is extended to all the instructors at Science Education Center, Srinakarinwirot University, for their guidance and teaching.

My appreciation is also for the following people who participated in my Dissertation: Dr. Somsri Tangmongkollert, Miss Jintana Gajadesa, Mr. Sarrot Boonsakdee, Miss. Siripan Attawin, Mrs. Sugeeporn Uthongsap, Miss Bangon Kamolwattana and Mrs. Lumyai Sananrum for my statistic consultant.

I would like to thank these following people, Mr. Natee Samart, Mrs. Chutima Temiyasathit, Miss. Pirut Suklean, Dr. Siripon Manopichetwatana, Mrs. Klingkaei Kooamornwatana, Mrs. Pakaidao Sawadsawang, and Mrs. Nuthsruang Dibanuka for checking content validity and their suggestions regarding to the research instruments.

My appreciation is also for the following people: Associate Professor Dr. Verasuk Udomshok, Associate Professor Saree KanKelee, Associate Professor Dr. Sompoad Srikosamatara, Assistant Professor Dr. Charanai Panitchayakul, Assistant Professor Dr Chatchawan Tacksaudom, Assistany Professor Dr. Laddawan Pdungsap, Assistant Professor Dr. Rien Boondiskulchok, Assistant Professor Sinrapachai Buranapanit, Dr. Charida Pukahuta, Dr. Nipon Gasiprong, Miss. Raddawan Jalearnsasiri, Mr. Chaleamporn Kantee, Mr. Vinai Mongkontran, Mrs. Aumporn Sutikurnsumbat, Mr. Nara Jirayuwatana, Mrs. Sugeeporn Uthongsap, Medical Dr. Vera Pongrujikorn, Medical Dr. Kornkaei Seesitisareamorn, Medical Dr. Chanantida Relasiriworng, Mr. Choosilp Attachoo, Mrs. DuangSamorn Khungsara, Mrs. Nanthavan Hansaweh, Mrs. Pakaidao Sawadsawang, Mr. Pirut Warapuskdee, Mr. Prawit Bungswan, Mr. Chookeit Chaichanadara and Mrs. Chotip Takurnsawangpub for their kindness to participate in my Delphi study.

I would like to thank Miss. Pirut Surean and her students at Sanguanying School, Dr. Siriporn Manopichetwatana and her students at Satisamut Phakarn School for their participation on the scientific literacy test items tryout stage. Moreover, I would like to thank for all of the 20 school directors, teachers and all of the 1135 students in those schools that participate in my studied. Without their helping and supporting, my work would never be succeeded.

My special thanks go to the Dr. Pisarn Soydhurum, and, Dr. Sunee Klainin, and Mr. Pongchai Sriphan, for encouragement and support me throughout my graduate studies. I also thank to my colleagues in primary science team at IPST, friends and other doctoral students in Science Education program at SWU for their assistance and encouragement. To my beloved family, my parents, brother, sister, cousin, and my lovely wife for their love, encouragement and assistance throughout my studies.

Prasong Mateapinitkul

TABLE OF CONTENTS

Chapter		Page
1	INTRODUCTION	1
	Background of the Problem	1
	Purpose of the study.....	6
	Significance of the Research.....	9
	Scope of the Study	16
	Definition of Terms	18
	Conceptual Framework of the Study.....	19
	Hypotheses	21
2	REVIEW OF THE RELATED LITERATURE	22
	Scientific Literacy.....	22
	Conceptual Framework for Scientific Literacy.....	24
	Scientific Literacy and Current Education Reform.....	31
	Measuring Scientific Literacy.....	36
	Delphi Methodology.....	37
3	METHODOLOGY	42
	Population and Sample	42
	Instruments.....	46
	Data Collection	50
	Data Analysis	50
	Statistics.....	51
4	FINDINGS	55

TABLE OF CONTENTS (continued)

Chapter	Page
5 CONCLUSION AND DISCUSSION	70
Purpose of the Study	70
Research Hypotheses	70
Research Instruments	71
Research Procedures	71
Conclusion of the research.....	73
Discussion	74
Recommendations	77
 BIBLIOGRAPHY	 80
 APPENDIX	 88
APPENDIX 1.....	89
APPENDIX 2	95
APPENDIX 3	99
APPENDIX 4	111
APPENDIX 5	120
APPENDIX 6	132
 VITAE	 162

LIST OF TABLES

Table	Page
1 THEMES FOR ROUND 2 OF DELPHI STUDY, INCLUDING THE RATINGS GIVEN BY PARTICIPANTS.....	56
2 THE STRANDS AND THE THREE DIMENSIONS OF SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS	59
3 THE STATISTICS OF THE FIRST PART, MULTIPLE CHOICES.....	60
4 THE RELIABILITY OF THE SECOND PART, TRUE AND FALSE.....	61
5 THE RELIABILITY OF THE THIRD PART, SHORT ANSWER	61
6 THE SCIENTIFIC LITERACY ITEM TESTS AND THEIR STATISTICAL	62
7 SCHOOLS WHICH PARTICIPATING IN STUDY	63
8 THE RESULT OF SCIENTIFIC LITERACY TEST OF THE STUDENTS WHO STUDIED IN M 3 OF THE SCHOOLS IN BANGKOK AND ITS VICINITY...	64
9 TEST SCORES OF THE STUDENTS FROM SCHOOL LOCATIONS.....	65
10 DESCRIPTIVE DATA AND T-TEST RESULT OF TEST SCORES ACCORDING TO DEPARTMENT OF THE SCHOOLS.....	66
11 DESCRIPTIVE INFORMATION OF TEST SCORES ACCORDING TO SCHOOL TYPE.....	67
12 ANOVA RESULTS OF TEST SCORES ACCORDING TO TYPE OF SCHOOLS..	67
13 COMPARISON RESULTS OF TEST SCORES ACCORDING TO TYPE OF SCHOOL.....	68
14 DESCRIPTIVE DATA AND T-TEST RESULT OF TEST SCORES ACCORDING TO DIFFERENT GENDER	69
15 LIST OF RESEARCH INSTRUMENTS EXPERTS FOR DELPHI QUESTIONNAIRES	90

LIST OF TABLES (continued)

Table	Page
16 LIST OF EXPERTS FOR SCIENTIFIC LITERACY ITEM TESTS DEVELOPMENT.....	91
17 LIST OF EXPERTS FOR DELPHI STUDY	92
18 SECOND ROUND QUESTIONNAIRES	113
19 INDEX ITEM - OBJECTIVE CONGRUENCE (IOC)	121
20 DIFFICULTY AND DISCRIMINATION OF PART 1 SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS	126
21 ITEM - TEST CORRELATION AND GROUP – TEST OF PART 2 SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS	128
22 ITEM - TEST CORRELATION AND GROUP – TEST OF PART 3 SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS	130

LIST OF TABLES (continued)

Table	Page
16 LIST OF EXPERTS FOR SCIENTIFIC LITERACY ITEM TESTS DEVELOPMENT.....	91
17 LIST OF EXPERTS FOR DELPHI STUDY	92
18 SECOND ROUND QUESTIONNAIRES	113
19 INDEX ITEM - OBJECTIVE CONGRUENCE (IOC)	121
20 DIFFICULTY AND DISCRIMINATION OF PART 1 SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS	126
21 ITEM - TEST CORRELATION AND GROUP – TEST OF PART 2 SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS	128
22 ITEM - TEST CORRELATION AND GROUP – TEST OF PART 3 SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS	130

CHAPTER 1

INTRODUCTION

Background of the Problem

During the 1980s, the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) along with several countries established “new” science goals for schools under the slogan “Science for All” (UNESCO. 1983). Despite a commitment by organizations and countries to achieve these laudable goals, they have not been realized to date. The problem of school science achievement has now become a worldwide concern under the new slogan of “Scientific Literacy.” It has become an important project for countries, such as the United States of America, as exemplified by the “Project 2061.”

The 2061 project began in 1985, when Halley’s Comet was passing near the Earth – this will not happen again until 2061. This project initiated by the American Association for the Advancement of Science (AAAS) will prepare future generation of students in the areas of science, mathematics and technology before the return of Halley’s Comet in 2061. In addition, it began a serious discussion of what constituted “good” science in elementary, middle and secondary school curricula (Swami. 1999 : 4). A consensus document emerged out of these discussions. And finally, in 1989, AAAS published, “Science for All Americans” (SFAS. 1989 : xvi), which made a strong case that “scientific literacy” is a reachable goal for all students. The statement is, “The world has changed in such a way that science literacy has become necessary for everyone, not just a privileged few; science education will have to change to make that possible.”

Over the last several decades, the influence of science and technology on the public and private sectors has increased sharply, and will continue to do so in the 21st century. Citizens in this century will need to be significantly better informed about scientific and technological concepts than they are today, because science and technology will be important in their daily life. Preparing for the future, all citizens must attain some level of scientific literacy, because they will need to base their personal and collective decisions on science and

technology in the future. A study by the National Science Foundation (NSF) survey (Miller, 1983 : 41) found that only 7 %, from a sample of 1,635 adults, are literate in science. This study also found that the percentage of people who have a higher degree in education are more scientifically literate (graduate degree 26%, Baccalaureate degree 22%, some college 14 % and high school degree 2%). Miller, who studied scientific literacy for more than 25 years, also concluded that only 10 % of American adults were qualified as scientifically literate during the 1980's and early 1990's. He also stated that the results increased to 17 percent in 1999, and by the end of 20th century, about 34 million Americans were literate in science. (Miller, 2002 : 4). The surveys in most Western countries showed 5% - 15% of adults were literate in science.

In other findings of scientific literacy, Recer (2002 : 1) concluded that few Americans understand the scientific process and many believe in mysterious psychic powers. Seventy percent of American adults do not understand the scientific process. Medical doctors and scientists were found to be the most literate in science, but it was also found that, in the public's minds, "belief in pseudoscience is relatively widespread and growing." In addition, a survey of 1,574 adults found that 60 percent agreed or strongly agreed that some people possess psychic powers or extrasensory perception, a premise most scientists have generally discarded as unproven.

It is not only the United States of America that has projects promoting scientific literacy; England, Wales's, Canada and Australia also mandate science for all students. Hackling, Goodrun and Renie (2001 : 14) stated that the Australian States and Territories generally provide a well-structured science curriculum focusing on scientific literacy and continuous development of all students towards achieving national science mandates.

In Thailand education is based on the principle that all learners are able to learn and participate in self-development (Office of the National Education Commission, ONEC, 2001 : 10). As this goal of science education has been adopted by all schools and put into practice, it has raised questions about the complexity of the curriculum; for example "What should be taught?" "In what way?" and "How do we know whether or not pupils learn science?" Scientific literacy is essential for the pupils. This study is interested in scientific literacy insofar as it relates to the essential dimensions and the level of scientific literacy in Thailand. The question

this research will focus on are: What are the dimensions of scientific literacy for Thai students, and what is the current level of their understanding of these dimensions.

Scientific literacy is a combination of scientific knowledge, science process skills and the ability to use science and technology in daily life. The newer science standards in Thailand prepare students to become lifelong learners and to maintain a sense of wonder about the world around them. The aims of teaching and learning of science in Thailand, according to the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) (2002 : 4), are

1. To understand the principles and theories basic of science.
2. To understand scope, limitation and the nature of science.
3. To provide skills for discovery and creation in science and technology.
4. To develop the thinking process, imagination, ability to solve problems, data management, communication skills and ability to make decisions.
5. To be aware of relationships between science, technology for the benefit of society and daily life.
6. To utilize knowledge and an understanding of science and technology for the benefit of society and daily life.
7. To bestow the scientific mind, moral and ethical sense of responsibility and proper values, so science and technology will be used constructively.

These include scientific content, science process skills and the nature of science to promote scientific literacy that all Thai students should know in school. It is interesting to know how much the new science standards improve scientific literacy of students.

The following sections focus on educational reforms in Thailand as they relate to science education. It is critical to focus on the design and implementation of curricula and programs to serve the needs of young people who will be citizens of an increasingly scientific and technological world, irrespective of their desire to become scientists.

Science Education in Thailand

According to Thailand's Department of Curriculum and Instruction Development (DCID) research reports science-learning skills of both primary and secondary students in Thailand are

rather low. These tests are standards referenced. At primary level (grade six), the average science score was 50%, with a rather high variability (over 5.5 standard deviation). Most students scored "fairly good" and "good" respectively. At the lower secondary level (grade nine), the average score was 45.3 %. With regards to the application of scientific knowledge to daily living, there were no specific examples, but daily living could mean health, diet, exercise and environment. The assessment found that 37.2% of 9th grade students applied their science knowledge "regularly", 54.9% of them applied the knowledge "occasionally", while 7.9 % never did. Among eighty-four knowledge topics of in-school science, only 25 topics were used regularly while some had never been used at all (Pisarn Soydhurum. 2001 : 42 - 43).

In the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS), Thai secondary school students had an average score of 493 and 525 for grade seven and eight respectively. However, when compared with the countries in Asia, such as Singapore, grade seven Singaporean students scored 545 while all-country average score was 479. Grade eight Singaporeans scored 607 (highest score) while all-country average score was 516 (TIMSS. 1995: 32 - 39). However, many scholars have reported problems with the TIMSS. In 1998, Iris C. Rothberg mentioned about the TIMSS study that "Test score rankings provide little information about education quality" (p. 1). She also pointed out a lot of problems in TIMSS study, such as sampling, eligible population, age and grade, type of school and poverty, and cumulative effects. She concluded that "Thirty years of experience with international test score comparisons have shown that their flaws consistently lead to misleading findings that have little policy relevance"(p, 4). Hackling, et al. (2001 : 10) had criticized the "traditional low, cognitive level [of] norm-reference measures of achievement" that are used in the TIMSS tests. These Australian science educators argue that to accurately measure student achievement, "it is necessary to collect standards-reference data [that one] linked to science learning outcome." Despite these criticisms, TIMSS indicated that Thai students need to improve scientific knowledge and scientific skills.

Classroom teaching methods have also contributed to low science scores in Thailand. Sunee Klainin (2002: 103), summarized results of the TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) about assessment tools and proposes that they do not pay attention to newer teaching-learning innovations in science education. Sunee Klainin argues that the countries that use newer processes of science- teaching (such as problem-solving and inquiry-

based approaches) will not be successful in the TIMSS assessments. Chinnapat Bhumirat (2001 : 2) and Pisarn Soydhurum (2001 : 15) argued that the classroom assessment in Thailand usually paid attention to how much contents students could memorize, while the science process skill and scientific attitude, which were the most importance in science education, were not measured. For instance, Chinnapat Bhumirat (2001 : 2) wrote that

“old fashioned pedagogical methods are prevalent at all levels of formal education services. These methods are mainly based on the lecture approach which requires teachers to give explanation or demonstration while students usually focus on textbook-reading, note-taking and memorizing what have been explained to them.”

However, in her study, Sunee Klainin (2002 : 133) reported that science teachers in Thailand not only teach the whole class, but divide students into groups when conducting their science activities. The characteristics of the students, such as, enthusiasm, ability in designing and planning to find out knowledge and answer, doing high scores in science, and more reading in and out classroom subjects are the target of their teachers. Sunee Klainin discussed that science teachers in Thailand have two main goals of their teaching. The first is to focus on teaching strategies that make students apply the science process skill to real life experiences, while their second aim is to prepare students to pass the entrance examination. This is vital for Thai students who hope to continue with their studies and fulfill the hope of their parents and the needs of society.

Many teachers in Thailand have not completed their degrees in science or science teaching. Chinnapat Bhumirat (2001 : 7) and Pisarn Soydhurum (2001 : 14) found that most elementary school teachers in grade one to six had not majored in science or science teaching. Similarly, approximately 25 % of science teachers in early secondary school, grade seven to nine, did not have degrees in science or science teaching.

The TIMSS-R reports indicate that Thailand's science education scores are not high compared to other countries in Asia, as in Singapore, South Korea and Japan. The problems of science teaching and science assessments mentioned above are vital in education. Thailand will need science curricular reform efforts that consider science standards, the process of

science teaching, assessment and science professional development to increase science knowledge and improve strategies used in science teaching and assessment.

The Thailand Ministry of Education will implement a new science curriculum. This curriculum will be based on standards developed by the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). In developing the national science standards, IPST staff worked with science teachers, science professors and professors of science education to prepare the national science standard draft and presented it at public hearings through out the country.

Although IPST has traditionally developed science curriculum for the promotion of science teaching, there are several projects that focus on important parts of science and mathematics education. For example, IPST had developed the Thai Science and Mathematics Olympiad special programs for talented students, such as The Development and Promotion of Science and Technology Talents Project (DPST), and Thailand's first school of sciences (Pisarn Soydhurum. 2001 : 52 - 57).

The emphasis of most of these projects is on the education for future scientists, mathematicians and engineers. While there are many students in Thailand who do not study science at University (Chinnapat Bhumirat. 2001 : 5) and do not plan to have careers in science or technology, these individuals will still have to communicate and apply knowledge of science and technology in everyday life.

In summary, Thai students have lower science scores than some countries in Asia. Some of the reasons for this are: science teaching strategies in the school and the scientific knowledge of science teachers who do not have degrees in science or science education.

Purpose of the Study

The purpose of this study is to explore the perceptions of scientific literacy that Thai students should know, and at what level that they are known by various groups of people of influence in science, such as science professors, science education professors, science teachers, engineers, businessmen and industrialists, and government officials.

First, this study is to explore dimensions of science literacy, which Thai citizens should know.

Second, the study is to examine the levels of scientific literacy that Thai students know before they finish their compulsory education at grade nine.

Statement of the Problem

In Thailand, the government has addressed the education reform through the Nation Education Act B.E. 2544 (Basic Education Curriculum B.E. 2544 : 2). This reform states that all Thai people have an equal right to receive a basic education of good quality, of not less than twelve years:

...The National Education Act stipulates the formulation of a basic curriculum to foster Thai-ness, good citizenship, competency in life skills, careers, and opportunities to further education. Basic education institutions shall be assigned the responsibility to form their own basic education curricular to reflect local and community problems, and local wisdom, to establish a desirable quality of good members of family, community, society and the country. The National Education Act stipulates 9 years for compulsory education.

Science Education has a standard that emphasizes "skill and learning process in mathematics, science, thinking skills, generating intelligence and quality life skill" (Basic Education Curriculum B.E. 2544 : 6).

Education reform efforts in Thailand started in 2003. However, in 2002, some schools (pilot schools and participation schools) piloted the new education standards. For those students in grade nine in 2004, these new standards will be compulsory education. It is vital to determine whether Thai students using this new science standards are literate in science or not. Because, after they complete grade nine, they will have an opportunity to study science in grade ten to twelve. Therefore, grade nine is vital for the preparation of literate citizens in science, because some of them who study social sciences or humanities will have less opportunity to study science in higher education (Chinnapat Bhumirat. 2001 : 5) and some of them will go to work.

Importance of Science Education in Thailand

It is crucial for educators in Thailand to assess students in scientific literacy, because there are risks associated with science, and the public needs the knowledge and skills to make

intelligent judgments about those risks (DeBoer. 2000 : 585). Wellington (2000 : 12) argues that the citizens in a democracy cannot make vital decisions without an understanding of science. For instance, if students do not understand environmental issues, such as water pollution, air pollution and soil pollution, they will not be interested in what happens to them and will not make proper decisions concerning their environment. A good scientific background helps people to be reasonable and critical. Without scientific literacy, citizens may not comprehend the potential impact of science and technology on their lives. On the other hand, many make decisions that are based on science. Deboer (2000 : 597 - 590) also stated that it was hoped that citizens would be supportive of science. Scientific literacy is vital for all people:

Science educator in Australia believes that it is important that "when students leave schools they should have the capacity and skill, for analysis and problem solving and the ability to communicate ideas and information, to plan and organize activities and to collaborate with other" (MCEETYA, 1999 : 2). Hackling, Goodrum and Rennie (2001 : 7) also stated that

"scientific literacy is a high priority for all citizens, helping them: to be interested in and understand the world around them, to engage in the discourses of and about science, to be able to identify questions, investigate and draw evidence based conclusions, and to make informed decisions about the environment and their own health and well-being."

The goal of science in the compulsory years of schooling is to develop scientific literacy for all students. Murphy et al. (2001 : 197) concluded that compulsory science curriculum in the school may be effective in raising the general level of scientific literacy. Laugksch (2000 : 4 - 87) concludes that scientific literacy is vital, as it contributes to the economy and social well-being of the nation and improves decision making at public and personal levels. If Thai students have high scientific literacy, such that they can study and appreciate science useful in their daily lives, it means they will be high quality citizens. However, Wellington (2000 : 12) said that "the amount of science we need to know on each issue may not need to be great." For instance, with regards to GM foods, people should know what they are, how there are created and what advantages and disadvantages they have. However, the details of their DNA and genetics are not essential to lay people. Wellington also argues that scientific knowledge is a necessary, but not in itself sufficient, for citizens to make decisions. The value of scientific knowledge is important in helping people make decisions.

Significance of the Research

Science education reform in Thailand through the Basic Education Curriculum B.E.2544 (A.D.2001) gives the opportunity for schools to develop their own science curricula. However, they still need to follow the National Science Education Standards. It is vital to know whether this standard will promote scientific literacy, what scientific content Thai students should know and how much they will know after finishing their compulsory education in the 9th grade. All Thai students will have an opportunity to develop scientific literacy, to become lifelong learners and to maintain a sense of wonder about the world around them.

The results of this study can be beneficial for science educators and teachers to develop science curriculum and science activities in teaching and learning science in the future.

Significance of Scientific Literacy

The Thai Ministry of Education includes reform in science education in the new 1999 Act. There are many reasons why scientific literacy is important, as pointed by Laugksch. In his paper 'Scientific Literacy: A Conceptual Overview,' there are two important reasons to promote scientific literacy, the macro view and the micro view (2000 : 84). In the macro view, education should promote scientific literacy because it is the essential point in the relation between science education and economic factors. He wrote: "the first common reason for advocating scientific literacy has to do with the connection between scientific literacy and the economic well-being of a nation." He argued that the country which is successful in international markets will be domestically wealthy. Today international competition is high, and the countries which are successful in science and technology can develop their products cheaply. This means that those countries can compete with other countries. In contrast, countries that have low capacities in developing science and technology will need more time and money to produce goods; therefore they are unable to compete with other countries.

Yongyuth Yuthavong and Angela M. Wojcik (1997 : 10) wrote in their book 'Science and Technology in Thailand: lesson from a Developing Economy' that the application of science and technology that leads to economic growth in the developing country is composed of 3 categories: 1) to increase the resources and to reduce the cost of production, which will increase the capacity to compete with other countries and will increase economic growth, 2) to

develop new processes and products and 3) to give feedback to the country quickly about the global economy. They also concluded that "science and technology are vital components of the globalization phenomenon, and comprise factors which determine the success of a country in the global economy." However, science and technology in Thailand has not progressed sufficiently. There are still many problems, and this affects Thai economic growth rate.

A research paper of the International Institute of Management Development (IMD) revealed that in 2000, Thailand's competitiveness in science and technology ranked 47th. This rating is lower than 4 years before when Thailand was rated 32nd. IMD used the capacity in science and technology to evaluate the countries. Kriengsak Charoenwongsak (2000 : 1) stated that the IMD index is vital. It is important to know and plan for improving the global ranking of Thailand. He said;

"The IMD is an important index, which is widely used. Many public policy makers, investors and financial decision-makers pay attention to this index when making substantial decisions. Thus, Thailand must not allow its low ranking to remain so. A ranking such as this could severely handicap Thailand's future."

The important thing that we should do is to prepare our country not to get the same rating in the future. In contrast, we need to set the a goal to increase the IMD ranking. How to prepare for an increase in IMD rating is the vital question. The IMD ranking is based on eight criteria: Domestic Economy, Internationalization, Government, Finance, Infrastructure, Management, Science and Technology and People. According to the IMD, science and technology is subdivided into five categories: Research and Development (R&D), Expenditures, Research and Development Personnel, Technology Management, Scientific Environment and Intellectual Property. Funding for research and development in Thailand is very low, because there are few research and development activities. According to the IMD, research and development in other developed countries averages 1-3 percent of the GDP; Thailand spent less than 0.1 percent in 1997. These data also show that the number of full time researchers in Thailand dropped from 5,539 in 1987 to 4,409 in 1997 (Montakan Tanchaisawat. 2000 : 2).

Success in science and technology also depends on research in science teaching. Conducting research in science and technology will require significant money and time. In Thailand, money for doing science and technology research is endorsed by the government.

However, compared with other countries successful in science and technology, funding given to science and technology research comes from both government and the private sector. Private sector spending in Thailand for research in science and technology is low. Shortland (1988 : 307) argues that "public support for science depends upon at least a minimal level of general knowledge about what scientists do." Laugkh (2000 : 85) also argues that scientific literacy is the basic requirement that has an influence on this situation. He mentions that higher levels of scientific literacy will better support science. Kriengsak Charoenwongsak (2000: 2) suggests that "effective incentives should be used to spur the private sector to actually be involved in research and development." He also mentions that industry must provide jobs for young scientists who get their degrees in science and technology. The private sector should spend money on conducting research in science and technology themselves, or funding other research institutes to do so. If the citizens know the benefits of science and technology, they will support science and technology research. Therefore, it is necessary to prepare citizens to be literate in science. Scientific literacy will influence people, and the more people are literate in science, the more they will support scientific research. Countries that have great research programs have new technology that can produce goods and be able to compete in the international markets. However, to prepare an economy for international competitiveness is not easy, therefore a long-term approach is needed.

Education is one method to prepare the future citizens. In Thailand, the Office of the National Education Commission (ONEC) prepares policies on science and technology in an effort to increase the country's international competitiveness. The ONEC's visions and missions (2001: 19) that have been accordingly formed to serve as frameworks to develop science and technology in Thailand are:

"Science education is a crucial tool for building a knowledge-based and learning society; it provides opportunities for all learners to achieve well-balanced self-development to their full potential, attain sound basic knowledge and understanding, be capable of analytical thinking and able to live a safe and sound way of life. To realize these goals, learner-centered approach should be applied in all types of education service; be it formal, non-formal or informal education, while curriculum contents must be relevant to real life experiences and kept abreast of advances in pertinent fields. Other contributory elements include a sufficient number of good quality learning centers, the promotion of scientifically talented youngsters who will contribute to the building of knowledge for the future development of the

country, and the promotion of lifelong learning which can elicit cooperation from the mass media and the entire community."

The importance of this framework is to prepare the future citizens. However, to prepare future citizens can't be done in short time - it also requires more money and the cooperation of the country to work in partnership.

To prepare the future citizens is vital. In Thailand, after students finish grade 9, some will go to work, while others will start their studies in grades 10 -12. It is very important to prepare students to be literate in science and technology while they are in grades 1-9. In the past, Thailand's economy depended on agriculture. More than 80 percent of the population were engaged in agricultural activities. In the past decade, this situation has changed as more people are working in the industry and service sectors (Abelmann, C & et al, 2001 : 11). The size of the labor in industry and service showed an increase from 1991 -1998 (FIGURE 1).

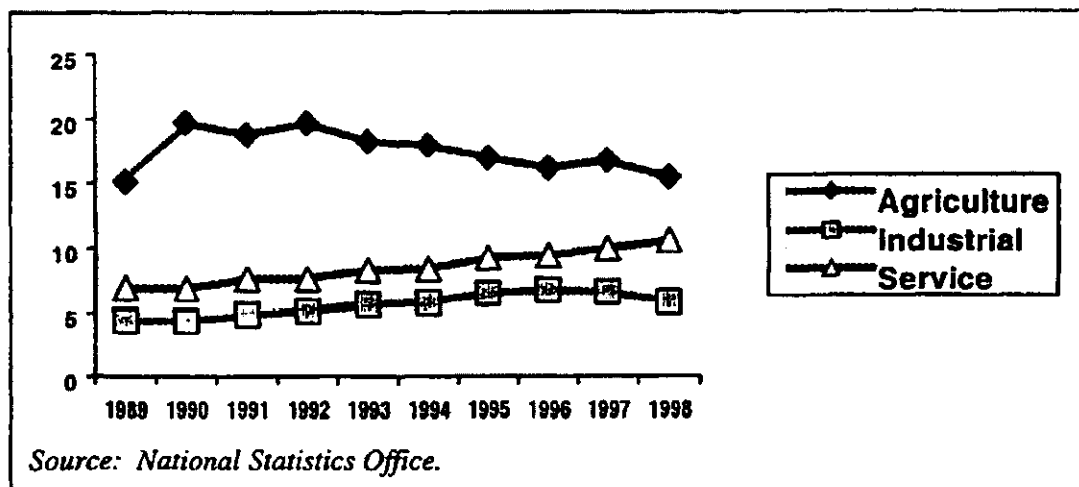


FIGURE 1 PERCENTAGE OF EMPLOYED PERSONS BY SECTORS

Source: Abelmann C, & et al.(2001) *Thailand Secondary Education for Employment*
 Volume I: A Policy Note East Asia and Pacific Region. p. 11.

Workers who are literate in science and technology are considered as a high quality class; this is one of the important reasons why we need to prepare the citizens in science and technology literacy. In 1999, 69.6 percent of Thai citizens aged 13 years and above had a primary or lower than primary education (Figure 2).

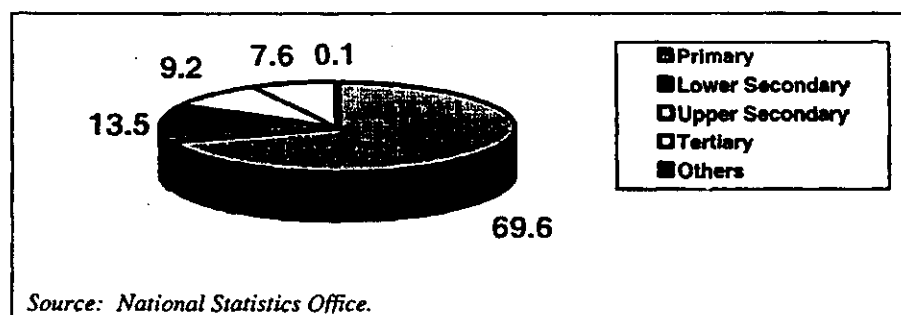


FIGURE 2 PERCENTAGE OF THAI POPULATION BY EDUCATION ATTAINMENT IN 1999

Source: Abelman C, & et al.(2001) *Thailand Secondary Education for Employment Volume I: A Policy Note East Asia and Pacific Region.* p. 12.

Only 3 percent of Thai citizens between the ages of 25 and 64 have secondary education, whereas other countries have higher percentage. For example, England and The United States have more than 50 percent. In Asian countries, Korea, Malaysia and Indonesia also have higher percentages than Thailand (Figure 3).

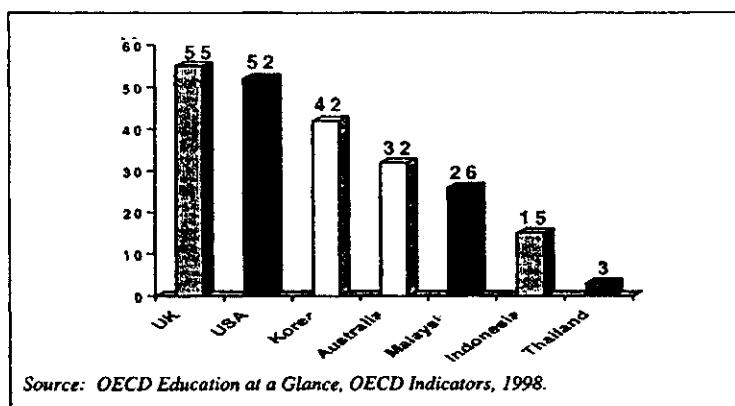


FIGURE 3 PERCENTAGES OF POPULATION (25-64 YEARS) COMPLETING SECONDARY EDUCATION IN SELECTED COUNTRIES, 1996

Source: Abelman C, & et al.(2001) *Thailand Secondary Education for Employment Volume I: A Policy Note East Asia and Pacific Region.* p. 13.

These findings mean that most Thai people in the working age group have an education level that is lower than secondary. This is the reason that the government must address and take action in the education reform effort and allow students free education for 12 years. This action is very interesting because we have a change that lets us prepare our future citizens through education for a minimum of 12 years. The goal is to prepare them for work in the future, because, with the growth of international competition, we need a quality labor force. Scientific literacy will be one way to prepare them to know about science and technology and to prepare them for work and life long learning. Bayer (2003 : 1) has found from his research in the United States of America that "Business executives and school principals agree that science literacy must become a fourth fundamental for today's students to succeed in the global marketplace of tomorrow." In this case Bayer summarizes that, in the next 10 years, basic scientific literacy will be a job requirement for industrial positions. Scientific literacy is vital in the preparation of the next generation of citizens for the job market. Figure 2 shows that about 70 percent of Thai students will stop their studies after their secondary school experience. Those students will be going to work in the industrial or in the service sectors. Thailand and other countries in the world will have people with higher literacy

in science, and these people will have a better chance of getting jobs than others. These educated labor forces are easier to be trained in science and technology, which will be necessary in conducting business and allowing for easier job changes. In the future, the number of careers that demand scientific literacy will become large. However, other fields, such as art, law, medicine, music and business will also have a need for science and employees with a high degree of scientific literacy. The future of a country depends on the students of today, so it is essential to give them a strong education in science. Scientific literacy is fundamental today for living and working. It is necessary to define scientific literacy and ways and methods to measure scientific literacy.

Research Questions

In this study, the research questions are:

Question 1:

Do people in the school system, health sciences and in business, (such as science professors, science educators, science teachers, engineers, medical doctors, business and industry employees and government officials) have similar views of scientific literacy, as related to the three dimensions of scientific literacy: scientific contents, scientific process and an awareness of the impact of science and technology on individuals and on society?

1.1 What are the perceptions of science professors, science educators, science teachers, engineers, doctors, business and industry employees and government officials to these dimensions of scientific literacy?

1.2 How do these perceptions of the dimensions of scientific literacy compare across each group?

Question 2:

What are the levels of scientific literacy in Thai lower secondary schools in The Bangkok Metropolis and its vicinity?

2.1 What are the levels of scientific literacy among Thai lower secondary schools in The Bangkok Metropolis and its vicinity?

2.2 What are the levels of scientific literacy in pilot schools and participating schools in The Bangkok Metropolis and its vicinity?

2.3 What are the levels of scientific literacy among schools under the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education

Commission (ONEC) and the Office of the Private Education Commission (OPEC) in The Bangkok Metropolis and its vicinity?

2.4 Is there a gender difference in scientific literacy levels?

Scope of the Study

Population of the study

This study divides into two parts.

1. The first part of this study has sought to determine the extent of consensus amongst 'experts' on the scientific literacy that Thai students should know. In this case, the populations were:

- 1.1 science professors
- 1.2 science educators
- 1.3 science teachers
- 1.4 engineers
- 1.5 medical doctors
- 1.6 business and industry employees
- 1.7 government officials

2. The second phase is to investigate scientific literacy of grade nine Thai students in The Bangkok Metropolis and its vicinity. The populations are 9th grade students from pilot schools and participating schools in Bangkok, Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nonthaburi, Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhon who will finish their compulsory education in 2004.

Sample of the study

1. The sample of the expert groups to find out the scientific literacy that Thai students should know were:

- 1.1 6 science professors
- 1.2 8 science educators
- 1.3 3 science teachers
- 1.4 3 engineers,
- 1.5 3 medical doctors,

1.6 3 business and industry employees

1.7 3 government officials

2. The sample of Thai students was selected by random sampling from the population mentioned previously. Schools are located in Bangkok, Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nonthaburi, Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhon. In each province, schools were under the jurisdiction of the Office of the Basic Education Commission (the Department of General Education, DGE, and the Office of the National Primary Education Commission, ONPEC) and the Office of the Permanent Secretary (the Office of the Private Education commission, OPEC).

Variables of this study

The variables of this study are the following:

1. Independent variables:

1.1 Expert groups:

1.2 Schools which have used the new Science National Standards in teaching in 2002. These schools are composed of pilot schools and participating schools.

2. Dependent variables:

2.1 The level of scientific literacy of Thai secondary school students who study in The Bangkok Metropolis and its vicinity.

2.2 The difference in levels of scientific literacy between Thai students in The Bangkok Metropolis and its vicinity.

2.3 The difference in levels of scientific literacy of Thai students between boys and girls.

2.4 The difference in levels of scientific literacy of Thai students between pilot schools and participating schools

2.5 The difference in levels of scientific literacy of Thai students between the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education Commission (OPEC).

Definition of Terms

1. Thai students: refer to students who are studying in the first semester of the last year of compulsory level (Grade nine) in pilot schools and participating schools in The Bangkok Metropolis and its vicinity. These students began their studies under the new Science National Standards in 2002 and will be in grade 9 of compulsory education in 2004.

2. Pilot schools: refer to the schools which are selected by the Curriculum and Instruction Development Department for using the new science curriculum (Basic Education Curriculum B.E.2544 (A.D.2001). These schools were schools under the jurisdiction of: the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Private Education Commission (OPEC). However, by education reform, DGE and OPED schools are under the Office of the Basic Education Commission, and the Office of the Private Education Commission (OPEC) is under The Office of The Permanent Secretary.

3. Participating schools: refer to the schools that also join and use the new curriculum. These schools are under the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education Commission (OPEC).

4. Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001): is the national core curriculum, the goals of which are to develop learners in 4 areas: morality, intellectual growth, quality of life and competitive ability. The Basic Education curriculum B.E. 2544 will be implemented in all grades in the Year B.E. 2544.

5. The Bangkok Metropolis and its vicinity: refer to Bangkok province and the provinces around Bangkok, including Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nonthaburi, , Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhon.

6. Compulsory education: refer to 9 years schooling which require children aged seven to enroll in basic education institutions until the age of 16, with the exception of those who have already completed 9th grade.

7. Scientific literacy: the definitions of scientific literacy used in this study is definition that Miller (1983 :) used in his surveys:

7.1 a vocabulary of scientific terms and concepts.

7.2 an understanding of the process of science

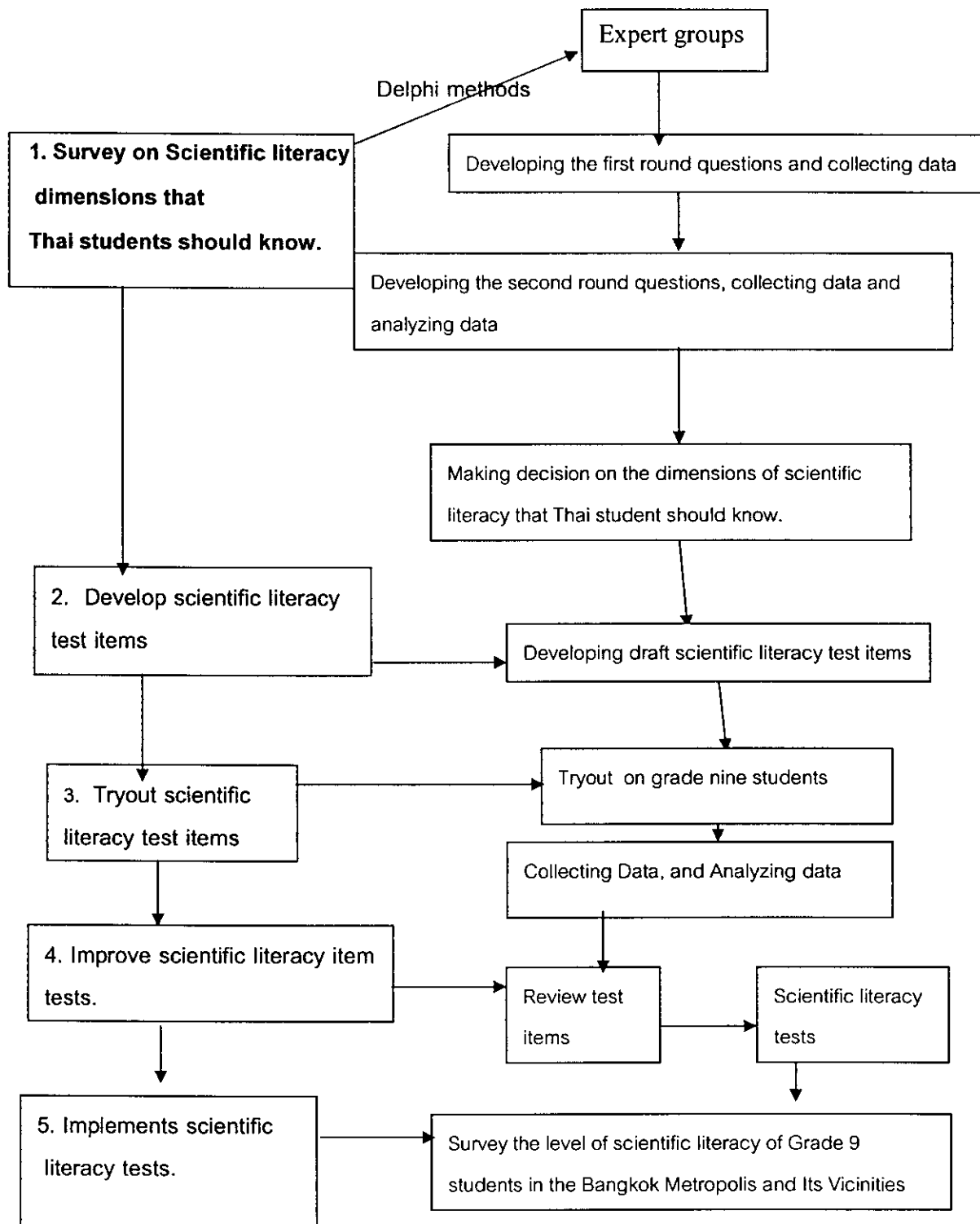
7.3 an awareness of the impact of science and technology on individuals and on society.

This study was limited to the pilot schools and participating schools in the Bangkok Metropolis and its vicinity, the students of which were in 7th grade in 2002 and were in 9th grade in 2004. The data were collected at the end of the second semester of the academic year 2004.

Conceptual Framework of the Study

According to the literature review and the education reform in Thailand, the researcher found that scientific literacy is vital for the citizens, because students of today will be the citizens of tomorrow. So, it is important to know if the new National Science Standards have the capacity to prepare students in grade nine (or at the end of compulsory education) to be literate in science. From the literature review and experience as a science teacher and educator, this researcher found that the people who have influence in science education usually are science professors, science educators and science teachers. They are involved in developing science curriculum. However, as Fensham (2002 : 22) mentions, we should give the opportunity to society to also have influence in science curriculum development. In this study, this researcher will use the Delphi Method to survey the dimensions of scientific literacy that Thai students should know from the expert groups. These experts will be groups of people in different professions, such as medical doctors, engineers, business and industry employees and government officials. They will share their ideas about scientific literacy that Thai students should know. The researcher will use those results to develop scientific literacy test items, then those items will be used to evaluate students in the Bangkok Metropolis and its vicinity. The conceptual framework in this research study was:

Stages of Study



Hypotheses

1. The developed instrument test item is efficient to assess scientific literacy.
2. Scientific literacy scores of the students in the Bangkok Metropolis and its vicinity are different.
3. Scientific literacy scores of the students from pilot schools and participating schools are different.
4. Scientific literacy scores of students from the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education commission (OPEC) are different.
5. The level of scientific literacy among girls and boys is the same.

CHAPTER 2

REVIEW OF RELATED LITERATURE

This chapter will be divided into 5 sections; scientific literacy, conceptual frameworks for scientific literacy, scientific literacy reform, and science education in Thailand. In the first section scientific literacy conceptions of various science educators and scientists will be addressed. A discussion of the importance of scientific literacy to the people of Thailand will follow. In the second section various conceptual frameworks of scientific literacy as viewed by science educators and scientists will be discussed. Conceptual frameworks are broader than the meaning of scientific literacy as defined, as they include the process of groups who are interested in scientific literacy, the ways to measure it, the importance of scientific literacy, and the relation between each of them. In the third section, the story of scientific literacy reform in science education will be explored. This will include current science education reform efforts. In the fourth section scientific literacy in Thailand will be looked into; the science education in Thailand and the education reform will be discussed. And in the last section, the methods and the research related to scientific literacy will be explored. This will include the topics or the contents of scientific literacy that the people should know, and the process of developing scientific literacy test items will be discussed.

1. Scientific Literacy

In what follows, pertinent literature related to scientific literacy will be explored. Scientific literacy is defined in many different ways by many people, group organizers and institutes. Shen divides science literacy into three categories: cultural scientific literacy, civic scientific literacy, and practical scientific literacy. In his article, Shen defines civic literacy as "an intensity of understanding of scientific terms and constructs sufficient to read a daily newspaper or magazine and to understand the essence of competing on given dispute or controversy." (Shen, 1975, cited in Miller, 1998 : 204). However, Miller (1998 : 205) focuses on Shen's civic scientific literacy and proposes a tripartite definition that emphasizes the need of an understanding of the vocabulary, concepts, and scientific process. Yager (1993 : 13) says

in his books that in 1982 the Board of Directors of NSTA approved unanimously the scientific and technologically literate person who:

- uses science concept, process skill, and values in making responsible everyday decisions;
- understands how society influences science and technology as well as how science and technology influence society;
- understands that society controls science and technology through the allocation of resources;
- recognizes the limitations as well as the usefulness of science and technology in advancing human welfare;
- knows the major concepts, hypotheses, and theories of science and is able to use them;
- appreciates science and technology for the intellectual stimulus they provide;
- understands that the generation of scientific knowledge depends upon the inquiry process and upon conceptual theories;
- distinguishes between scientific evidence and personal opinion;
- recognizes the origin of science and understands that scientific knowledge is tentative, and subject to change as evidence accumulates;
- understands the applications of technology and the decisions entailed in the use of technology, has sufficient knowledge and experience to appreciate the worthiness of research and technology development;
- has a richer and more exciting view of the world as the results of science education; and
- knows reliable sources of scientific and technological information and use these sources in the process of decision making.

Lee (2002 : 5) summarizes in the book for guiding science teachers in Wisconsin (US) the characteristics of the people who are literate in science as follows:

- They use scientific knowledge problem-solving skill, and informed attitudes in making responsible everyday decisions.
- They understand how society influences science, as well as how science influences society.
- They understand that society limits science through the allocation of resources.
- They recognize both potential and limitations of science in advancing human and ecological welfare.
- They have a broad understanding of the conceptual schemes of scientific knowledge and are able to apply the understanding in various situations.

- They have an intellectual interest in science.
- They are curious about the natural world.
- They understand that new scientific knowledge results from inquiry that uses prior knowledge.
- They distinguish between scientific knowledge and personal opinion.
- They recognize the origins of scientific knowledge and understand that scientific knowledge is subject to change.
- They have a richer, more exciting view of the world.

Although scientific literacy has many definitions as mentioned above, these definitions vary according to groups of persons, individuals or institutes. Thurmond (1997 : 13) concludes that most of the definition of scientific literacy can be summarized in three characteristics: 1). the person who is literate in science needs to understand the basic of scientific concepts, 2). the second characteristic that he should have, is the ability to understand scientific thinking, scientific process and reasoning, 3). the third characteristic is that he understands the everyday applications of science in his personal and social life. However, in his research study he found that the definition of scientific literacy as perceived by science professors and science educator professors are different. The perceptions of science professors in the university are about the science content while the perceptions of science educators are about the science process skills (Thurmond 1997 : 128). In 2000, Thurmond and Lee concluded that science professor emphasized science knowledge more than other component of scientific literacy (p22). However, Deboer (2000 : 582) argues that while definitions of scientific literacy are important, it is equally important of focusing on the local goals of the school district in relation to scientific literacy instead of focusing on student achievement scores.

1.1 Conceptual Frameworks for Scientific Literacy

The term, "scientific literacy" was originated in the 1950s (Chun et al. 1999 : 2). The definition of scientific literacy depends on the persons or the groups that give its meaning. There are many frameworks for talking about scientific literacy. Miller (1983 : 38-40), who studies about scientific literacy for more than two decades has proposed that a literate person should be able to demonstrate; a) a vocabulary of scientific terms and concepts, b) an

understanding of scientific approaches, and c) an awareness of the impact of science and technology.

Champagne and Lovitts (1990 : 1-2) provide a conceptual framework for scientific literacy. It includes three broad categories, with the descriptive elements of scientific literacy placed in Figure 4. This also shows the influence of ideology on the nature of the descriptions.

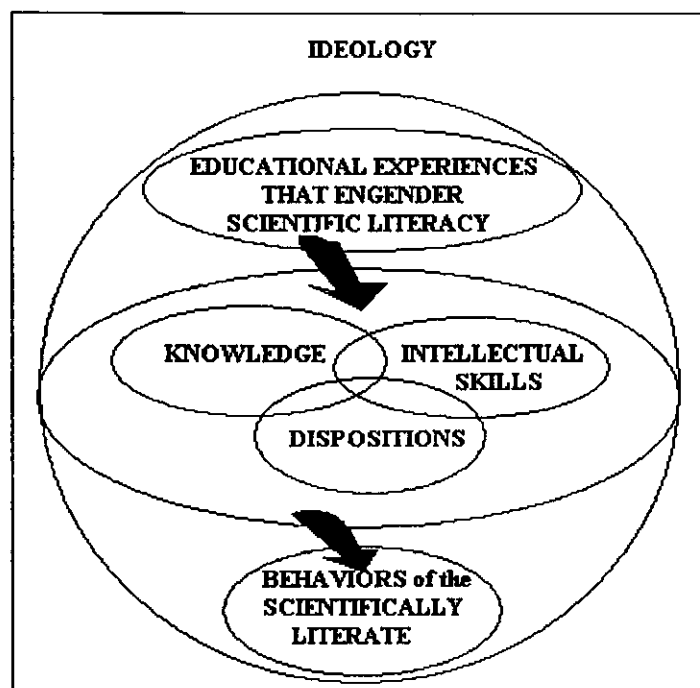


FIGURE 4 CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR SCIENTIFIC LITERACY

Source: Champagne, A. B.; Lovitts, B. E.; & Calinger, B. J. (1989). *This Year in School Science 1989 Scientific Literacy*. p. 25.

They mention the meaning of scientifically literate persons by giving and describing a) behaviors exhibited by scientifically literate person, b) the mental state of a scientifically literate person (knowledge, skill and dispositions), and c) the educational experiences of a scientifically literate person.

Jinks (1997 : 1) discusses that students in elementary schools will not become professional scientists this causes a problem for those attempting to define the scope and meaning of scientific literacy for the general population. He proposes that the model of scientific literacy should have three aspects: 1) the ability to gather reliable information, 2) the ability to develop explanations about nature, and 3) some familiarity with the product of science. He explains that the first aspect is the ability to gather reliable information about nature. This aspect is a result of the acquisition of a set of skills and these skills are referred to as a science process or inquiry skills. The teacher should take a developmental view with respect to teaching. The expectation for the students is to grow more proficient through experience. The experience should be structured around two elements:

1. Gaining an increase in, and having more sophisticated insight into the nature of the process skills.
2. Practicing the skills.

The second aspect is the ability to explain the information. Aspect of general scientific literacy, inventing and explanation, is as important as acquiring inquiry skill but is rather more abstract since it depends upon theory.

The last aspect is some familiarity with the heritage of science. The aspect of general scientific literacy involves having some familiarity with the body of scientific knowledge that has been accumulated for the past 300 years. This aspect has defined science literacy and education throughout most of its history and is still an important component of science learning today. However the first and second aspects of scientific literacy and science as inquiry or process of science, look similar to the others, while the third aspect, scientific concepts, is still the same as it was used in the past, as Miller (1979) calls it "scientific vocabulary".

Bybee (1997 : 83) concludes that scientific and technology literacy can be defined as a continuum of understanding about the nature and designed world. He also defines several dimensions of scientific and technology literacy: 1) nominal scientific and technology literacy, 2) functional scientific and technology literacy, 3) conceptual and procedural scientific and technology literacy, and 4) multidimensional scientific and technology literacy. Nominal scientific and technology literacy means an individual who understands a term or topic of scientific and still misunderstands science. However, Bybee argues that nominal scientific and

technology literacy is “minimal in comparison to accept scientific understanding for the individual’s age and stage”. (Bybee 1997b : 56).

Functional scientific and technology literacy means a person who knows vocabulary but still does not understand science context and without science concepts. These citizens know about the vocabulary only by memorizing and recognizing. Traditional science teaching usually makes students memorize in the details. Therefore students do not know the meaning and the ways to relate to society and their environments.

Conceptual and Procedural scientific and technology literacy consists of developing an understanding of the way conceptual parts of a discipline relate to the whole discipline. This dimension also includes the scientific process, scientific inquiry and technology design.

Multidimensional scientific and technology literacy extends beyond vocabulary, concept, and science process skills. In this dimension, citizens will need to develop the perspective of science and technology including history of scientific idea, the nature of science and technology and the role of life related to society. Science for All Americans (AAAS. 1989) and National Science Education Standards and Benchmarks for Science Literacy (AAAS. 1993) also mention about the meaning of scientific literacy that is related to this dimension of scientific literacy, multidimensional scientific and technology literacy. Bybee (1997a : 137) also argue that to prepare students to achieve scientific literacy requires change of science teachers, school administrators, scientists, and engineers. Legislators and parents should also provide their support for science education.

Laugksch (2000 : 74-76) concluded that there were different factors that can influence interpretations of scientific literacy. These factors include a) the number of different interest groups that are concerned with scientific literacy, b) different conceptual definitions of the term, c) nature of scientific literacy as a concept, d) purposes for advocating scientific literacy, and e) different ways of measuring it (Figure 5).

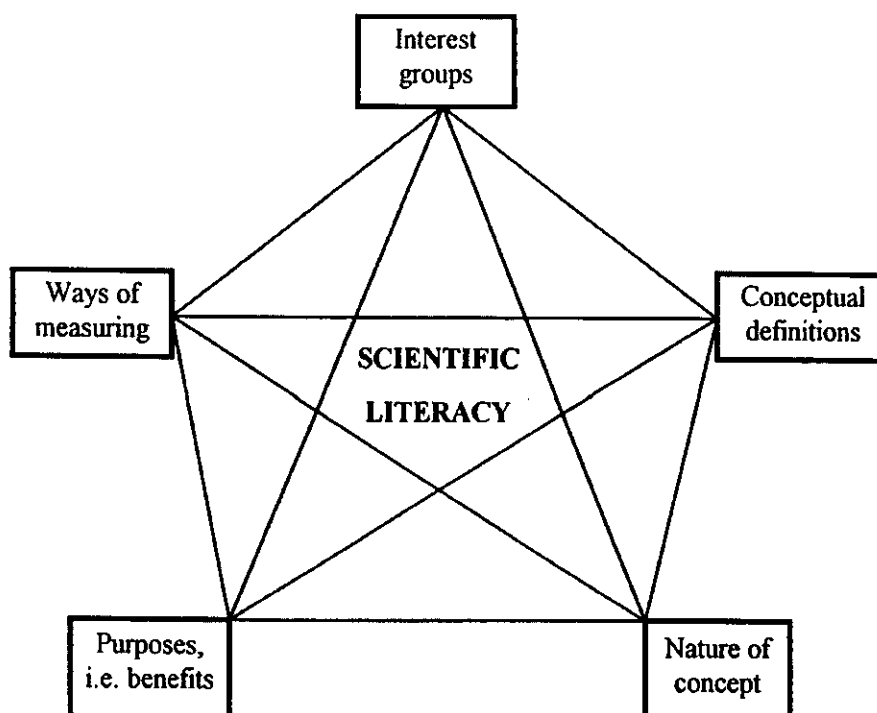


FIGURE 5 A CONCEPTUAL OVERVIEW OF SCIENTIFIC LITERACY

Sorce: Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education*. p. 74.

Laugksch (2000 : 75) argued that four groups of people holding different perspectives on scientific literacy were: science education community, social scientists and public opinion researchers who are concerned with science and technology policy issues, sociologists of science and science educators, and informal and non-formal science educators. In the traditional science education, most of the science curricula were developed by science educators and scientists. In this case he explained that the first interest group was science education community, which concerned itself with the nature (i.e., purpose), performance, and reform of existing educational systems. Issues that motivate this group's involvement in scientific literacy are :

(a) the goals of science education (i.e., why teach science and what form should the science content take);

(b) how personal skills, attitudes, and values implied by the goals are successfully incorporated into the science curriculum, and effectively taught by teachers;

(c) the quality and nature of resources required to achieve these goals efficiently (e.g., textbooks); and

(d) appropriate assessment to ascertain to what extent the goals for science education have been met.

Associated with this interest group would also be science curriculum development groups, as well as professional science education associations. This first interest group is, therefore, mainly concerned about the relationship among formal education and scientific literacy, and the group has a specific focus on secondly, but increasingly also on primary and tertiary, education.

The second interest group includes social scientists and public opinion researchers concerned with science and technology policy issues. This group is essentially concerned with the general public's support for science and technology, as well as the public's participation in science and technology policy activities. Pertinent fields of inquiry for this category of researchers are thus related to the identification of the individual's sources of scientific and technical information; measuring the public's scientific knowledge base and perceptions of the limitations of science; as well as measuring the public's attitude toward science and technology in general and toward selected current policy issues in particular.

The third interest group includes sociologists of science and science educators employing a sociological approach to scientific literacy. These researchers are concerned with the construction of authority with respect to science (i.e., organizational forms of ownership and control of science), or "knowledges in context".

The fourth interest group that can be identified is the informal and nonformal science education communities, and those involved in general science communication. The combined group thus consists of those professionals that provide educational and interpretative opportunities for general public to be better familiar with itself, in addition to those who report science as "news" and write about science, in general. These professionals include relevant

personals involved in science museums and science centers, botanical gardens and zoos, as well as members of creative teams involved in science exhibitions and science displays. Science journalists and writers, and relevant personnel involved in science radio programs and television are also included in this interest group.

However, Fensham (2002 : 22) had a different view on scientists and science educators as an interest group in scientific literacy. He mentioned that in the traditional science curriculum, it was mainly the work of scientists and science educators who strongly advocated schooling as a means of achieving scientific literacy which he objected. He mentioned that "it is time to give societal expertise the status and power to be initial driver in the process of identifying how science affects the public, both personally and as responsible citizens". However, Hewson (2002: 216) reflected that many groups of people, not only scientists and science educators as Fersham mentioned came to participate in the process of developing science curriculum. But he also concluded that before the final science curriculum was developed and could be used in the school, a lot of "social" people came to participate in the developing of the curriculum. Hewson (2002 : 216) also argued that in developing scientific literacy not only the contents of knowledge but the writing and reading also were the vital for supporting people to be literate in science. He wrote :

Literacy in its prototypical form focuses on the tools of reading and writing. This striking parallels between the two forms of literacy, as I have outlined them, strongly support for considering scientific literacy in relation to its tools, that is explaining and predicting, rather than a body of knowledge.

Anderson (1997 : 973) also argued that "reading and writing are the mechanisms throngs which scientists accomplish [their] task. Scientists create, share and negotiate the meaning of inscription – notes, reports, table, graphs, drawing, and diagram". This means texts and literacy are essential for students to engage their scientific literacy. Science teaching will not be successful with the lack of texts and without literacy.

2. Scientific Literacy and Current Education Reform

Scientific literacy has influenced in the science education. In the US, scientific literacy is used in education after Bybee (1997: 46) argued that scientific literacy was "the fundamental goal" for all students in contemporary science education. However, Shamos, against this idea. (Shamos, 1988; 1995; 1995a; 1995b; 1996; 1998). He criticized the goal of scientific literacy as unattainable and an unnecessary "myth." Other voices have also been raised against particular aspects of the goal (1995b : 30-31).

Scientific literacy is the knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity. It also includes specific types of abilities. These proposals have been made by the American Association for the Advancement of Science (AAAS), the National Research Council (NRC), and the Programme for International Student Assessment (PISA).

AAAS proposal 'Science for All Americans' is based on the belief that the science literate person is one who is aware that science, mathematics and technology are interdependent human enterprises with strengths and limitations; understands key concepts and principles of science; is familiar with the natural world and recognizes both its diversity and unity; and uses scientific ways of thinking for individual and social purposes. (p. xvii)

NRC defines scientific literacy as the knowledge and understanding of scientific concepts and process required for personal decision-making, participation in civic and cultural affairs, and economics productivity. In the National Science Education Standards, scientific literacy means, "a person can ask, find, or determine answers to questions derived from curiosity about everyday experiences". It means that a person has the ability to describe, explain, and predict natural phenomena. Scientific literacy entails the ability to read with understanding science articles in the popular press and to engage in social conversation about the validity of the conclusions. Scientific literacy implies that a person can identify scientific issues underlying national and local decisions and express positions that are scientifically and technologically informed. A literate citizen should be able to evaluate the quality of scientific information on the basis of its source and the methods used to generate it. Scientific literacy also implies the capacity to pose and evaluate arguments based on evidence and to apply conclusions from such arguments appropriately. (National Science Education Standards, 22).

The Programme for International Student Assessment (PISA) (OECD, 2000 : 102), studies about scientific literacy in 2000. PISA defines scientific literacy in terms of the ability to think scientifically in a world in which science and technology shape people's lives. Such literacy thus requires an understanding of scientific concepts as well as an ability to apply a scientific perspective; however, it does not imply that future adults need large reservoirs of scientific knowledge. The key is to be able to think scientifically about the evidence and issues that they will encounter. OECD, PISA (2000 : 102) defines scientific literacy as " the capacity to use scientific knowledge, to identify questions, and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity.

It is important to emphasize not only that both 'scientific knowledge' and 'the processes' by which this knowledge is developed are essential for scientific literacy, but also they are bound together in this understanding of the term. As it will be discussed in more details the processes are only scientific processes when they are used in relation to the subject matter of science. Thus, using scientific process necessarily involves some understanding of the scientific subject matter. The view of scientific literacy adopted here acknowledges this combination of ways of thinking about, and understanding, the scientific aspects of the world. The specifics of the three defining dimensions content, process, and situation in the case of OECD, PISA (2000 : 102) are as follows:

- **Content or Structure**—involves broad science concepts from physics, chemistry, biological sciences, and Earth and space sciences. Concepts are incorporated more particularly from themes such as biodiversity, forces and movement, and physiological change, and are organized into several broad areas of application: science in life and health, science in Earth and environment, and science in technology.
- **Process**—includes thinking skills organized into five processes: recognizing scientifically investigable questions, identifying evidence needed in a scientific investigation, drawing or evaluating conclusions, communicating valid conclusions, and demonstrating comprehension of scientific concepts.
- **Situation**—focuses on the situations in which scientific knowledge and skills are applied: personal, public, global, and situations of historical relevance.

As with the other PISA items, science literacy items seek to measure how well students are able to apply a variety of scientific skills to a diverse group of situations—the kind of situations they encounter while making a decision about an environmental referendum; the kind they encounter in trying to understand their own medical care or while reading information about disease prevention; or the kind they encounter in a scientific text.

According to PISA, process means: a) recognizing scientifically investigable questions. b) identifying evidence needed in scientific investigation. c) drawing or evaluating conclusions. d) communicating valid conclusions. e) demonstrating understanding of scientific concepts. While, the second dimensions, scientific concepts in PISA are expressed scientific literacy for some concepts in science, not all of scientific concepts. Because PISA believed that it would be impossible that citizens should know all scientific concepts. In PISA some scientific concepts will be used for the evaluation of student scientifically. Those concepts are structure and properties of matter, atmospheric change, chemical and physical change, energy and transportation, forces and motion, human biology, physiological change, biodiversity, genetic control, ecosystems, the Earth and its place in the universe and geological change.

The last dimension in PISA is scientific situations. A scientific situations in PISA mean a real-world phenomenon in which science is applied (OECD, PISA 2000 : 104). In practice, the areas of application of science in PISA have been grouped under three categories: a) science in life and health. b) science of the Earth and environment and c) science in technology. PISA makes assessment in these areas;

- Science in life and health
- Health, disease and nutrition
- Maintenance of and sustainable use of species
- Interdependence of physical/biological systems
- Science of the Earth and environment
- Pollution
- Formation and loss of soil
- Weather and climate
- Science in technology
- Biotechnology
- Use of materials and waste disposal

- Use of energy
- Transportation

The major scientific themes, with examples of related concepts, for the assessment of scientific literacy

- Structure and properties of matter (thermal and electrical conductivity)
- Atmospheric change (radiation, transmission, pressure)
- Chemical and physical changes (states of matter, rates of reaction, decomposition)
- Energy transformations (energy conservation, energy degradation, photosynthesis)
- Forces and motion (balanced/unbalanced forces, velocity, acceleration, momentum)
- Form and function (cell, skeleton, adaptation)
- Human biology (health, hygiene, nutrition)
- Physiological change (hormones, electrolysis, neurons)
- Biodiversity (species, gene pool, evolution)
- Genetic control (dominance, inheritance)
- Ecosystems (food chains, sustainability)
- The Earth and its place in the universe (solar system, diurnal and seasonal changes)
- Geological changes (continental drift, weathering)

Although scientific literacy has a broader meaning, the area of science content and the process of science are used in assessment. The following section will discuss science education reform in Thailand and new National Science Education Standards. Many papers show that there are many interest groups that have influence in scientific literacy. Laugksch (2000 : 74-75) in "Scientific Literacy: A Conceptual Overview" concluded that interest groups in scientific literacy consist of: the "education community", the "social scientists and public researchers concerned with science and technology policy issues", the "sociologists of science and science educators employing a sociological approach to scientific literacy" and the "informal and nonformal science education community and those involved in general science

communication" (Laugksch. 2000 : 75). He argued that the first group, science educators, focuses on the scientific literacy of students in elementary schools and secondary schools, the second and the third groups focus on the scientific literacy of adults while the last group focuses on promoting the scientific literacy of children, adolescents and adults (2000 : 76).

Galbraith et al, (1997 : 435) used Delphi methodology to survey the future of scientific literacy within the Australian school context. In their study, a variety of groups participated including; professional educational associations, professional scientific associations, science-based units at universities, institutions training teachers, science teachers (universities), business and industry, curriculum development officers in the various states, heads of State Departments of Education and practicing science teachers. Thurmond (1997 : 123) studied the perceptions of scientific literacy definitions and the ways to promote scientific literacy from science professors and science education. He concluded that science professor's emphasized science content when defining scientific literacy, while science educators emphasized science inquiry. Fensham (2002 : 22) has different view about expert groups who influence scientific literacy. He argued that expert academic scientists and science educators have given in the last decade to the two questions that scientific literacy poses answer that have been inadequately unclear and hopelessly unrealistic. However, he pointed out that both scientists and science educators strongly agree that scientific literacy is important. Fensham comments about the expert groups, "It is time to give societal expertise the status and power to be the initial driver in the process of identifying how science affects the public, both personally and as responsibility citizens." One question Fensham pointed out about that "Scientific literacy is too important to leave to scientists or to science educators!".

In Thailand IPST has developed National Science Standards that every school needs to follow. During the development of new Science National Standards, IPST has a varied group, such as science educators, science teachers, and scientists from the universities to participate and discuss the guidelines for National Science Standards. How science professors, science educators, science teachers, medical doctors, engineers, business and industry employee, and government officials, view the dimensions of scientific literacy that Thai Citizens should know will now be discussed. Do they have (share) similar view of National Science Standards as those developed by IPST. Fensham (2002 : 22) said that we should give "opportunities for social", in this study expert groups to make decisions about scientific

literacy, not only science educators and scientists but engineers doctors, business and industry employees, and government officials also. Second, this study will assess the levels of scientific literacy that Thai students know before they finish their compulsory education (grade nine). In this case, a pool of scientific literacy test items will be developed based on selections from the “experts” survey. Then the level of scientific literacy will be compared with results from the variety schools in The Bangkok Metropolis and its vicinities. These schools are under the jurisdiction of the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONEC), and the Office of the Private Education Commission (OPEC). Schools have been selected because of their different potential to promote students to study science, the graduate background of teachers and the budgets that schools put in science education. However, according to the National Education Act of Thailand (1999), all schools in 2003 come under the same office, which call Office of the Basic Education Commission. The result from this study will be used for future science education in each school groups.

How many Thai people are literate in science?

There are no data about the literacy in science for Thai citizens, but the results of TIMSS show that among students in third grade from 24 countries and fourth grade from 26 countries participating in this study, Thai students scored lower than the international average in both groups. In the secondary schools, Thai students, both seventh and eighth grade levels, obtained higher science scores than the international standards when compared to seventh grade from 39 countries and eighth grade from 41 countries (TIMSS 1995 : 32-39).

3. Measuring Scientific Literacy

As discussed above there are varieties of meaning of scientific literacy depending on groups of persons that give the definitions. There are, then, a lot of techniques to test scientific literacy. From the literature review, Miller used three dimensions to evaluate scientific literacy.

3.1 Scientific Literacy Test Item

3.1.1 True (T) or False (F) Test Item.

It is crucial to know how scientific literacy will be tested. As Laugksch (2000: 73-76) mentioned in his scientific literacy framework (Figure 2.2) that the people who studied scientific literacy should know the ways to measure its. Laugksch and Spargo (1996a:123 1996b: 331) had developed a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals. These scientific literacy item tests were called "Test of Basic Scientific Literacy" (TBSL). It consists of three subtests of scientific literacy: 22, 72, and 16 test-items on the Nature of Science Subtest (NSST), the Science Content Subtest (SCKST), and the Impact of Science and Technology on Society Subtest (ISTSST), respectively. These scientific literacy test items were developed from the model of Miller (1883).

3.1.2 Multiple-choice Test Item

Waldron, I., Peterman, K. and Allison, P., (2002 : 1) have developed multiple-choice Science Survey which evaluates knowledge and understanding of important scientific concepts and facts, as well as scientific reasoning ability. Test items were used to evaluate scientific literacy at the university level. It's also included knowledge and understanding of biology, chemistry, environmental science, physics, psychology, mathematics and statistics, as well as scientific reasoning. Then items were evaluated and revised and 24 items were selected for Science Survey. This Survey was administered to 2001 freshmen from which 1265 (83%).were returned. The mean score was 12.6, which mean the average score was 55% correct. The correlated score on the science survey was 0.27 ($r = 0.27$). The Cronbach Alpha Score of Science Survey was 0.61.

4. Delphi Methodology

This study will use Delphi method to survey the dimensions of scientific literacy that Thai students should know, therefore, the following section will be about the process of Delphi study and it is important to understand this process clearly. Besides the overview of Delphi Methodology, a description of the standard model, the participant selection process, the instrument development process and, the benefits and limitations of the Delphi technique are also described.

4.1 Delphi technique

The original Delphi method had been developed in 1950s by Olaf Helmer and Norman Dalkey, both scientists at the Rand Corporation. The Delphi method can be described as a method for structuring a group communication process that allows a group of individuals as a whole to effectively deal with a complex problem. The Delphi method is a technique for eliciting and refining group judgments of recognized experts in situations where exact knowledge is not available but where individuals have partial information related to certain topics. These individuals will make this information available to the group. The Delphi technique is a non face-to-face procedure for aggregating group members' opinions. This technique can be used to survey expertise around the world and it is not necessary that individuals in the expert group who participate in the study know each other. The respondents will be asked to respond to three rounds of questionnaires.

In the first round, the respondents will be asked three open-ended questions. In the second round, answers from the first round will be used to develop themes related to scientific literacy that Thai students should know. In this second round, the participants need to rate the degree of importance for each theme and justify their rating. They will also be asked to write any comments. The data from the second round will be analyzed using statistics: mean and standard deviation of each theme.

In the third round, participants will be requested to review their answers in round two. For both the 2nd and the 3rd rounds, the facilitator summarizes the responses and mails the synthesis back to the group members for further comment. Thus although the experts might not know the answer, they do have other relevant information that enables them to estimate their answers. The integration of individual interviews in a structured and moderated process helps to overcome the uncertainty inherent in complex problems and develop further their responses.

Delbecq, Van de Ven, & Gustafson, (1975 : 10-11) noted in their book "Group Techniques for Program Planning" that the Delphi technique can be used in planning to achieve a number of objectives:

- 1) To determine or develop a range of possible program alternatives.
- 2) To explore or expose underlying assumptions or information leading to different judgments.

3) To seek out information which may generate a consensus on the part of the respondent group.

4) To correlate informed judgments on a topic spanning a wide range of disciplines.

5) To educate the respondent group as to the diverse and interrelated aspects of the topic.

Aldler and Ziglio (1996: 9) indicated that the Delphi technique is an exercise in group communication among participants of geographically dispersed experts. These experts share the same topical interest; however, they usually represent different points of view. The Delphi technique, in general, consists of a series of questionnaires, usually two or more questionnaires are used. According to Delbecq et al. (1975 : 83) the first questionnaire will use a broad question in which respondents will answer. The second questionnaire will be developed from the first responses, as will the third questionnaire. The process stops when there is a consensus of opinion to the questions. These authors also indicated the following process of Delphi technique: a) develop a set of questionnaires, b) select and contact respondents, c) select sample size, d) develop questionnaire 1 and test, e) analyze questionnaire 1, f) develop questionnaire 2 and test, g) analyze questionnaire 2, h) develop questionnaire 3 and test, i) analyze questionnaire 3, and j) prepare a final report (p.87). Linstone and Turoff (1975 : 3) summarized both the technique and the objective of the Delphi method " Delphi may be characterized as a method for structuring a group communication process, so that the process is effective in allowing a group of individuals, as a whole, to deal with complex problems".

4.2 Participants In Delphi

Dalkey (1969 : 10), one of the first educators to use the Delphi technique studied the effect of group size and concluded that if the number of participants in the study increases, the average group error rate will decrease (see Figure 6). He also argued that using different groups of experts will lead to very different answers. The size of the respondent panel is variable. For a homogenous group of people, ten to fifteen participants might be enough. However, a large number of respondents is preferable. Delbecq et al. (1975 : 89) stated that " if the purpose of the Delphi study involves increasing group understanding or gaining group

support, then a large panel of participants should be involved simply for motivational as opposed to informational purposes."

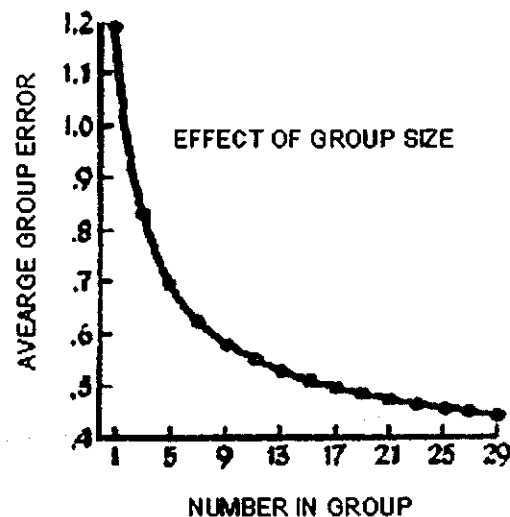


FIGURE 6 EFFECT OF GROUP SIZE IN DELPHI STUDY

Source: Dalkey, N. C. (1969). *The Delphi Method: An Experimental Study of Group Opinion*. Santa Monica, CA: The Rand Corporation. p 10

The respondent in a Delphi study is critical. An identification and nomination process is used to select participants. Each nominator is contacted and asked to give the name of person, who then could either be a participant or nominate other people to participate in the Delphi study. Random selection of participants for the Delphi method is not acceptable.

The researcher needs to make the decision for the target of the expertise. Experts should have knowledge and experience in the subject of the study and be highly motivated to participate in the study. Delberg et al. (1975 : 84) proposed three critical conditions to make the Delphi method successful: adequate time, participants' skill in writing communication and high participants' motivation. They also argued that the minimum time required in doing the

The development and administration of the Delphi study is interconnected. Multi-questionnaire will be used and participants need to be agreeable to respond to a series of questionnaires, usually three times or rounds. The questionnaire used in round 1 could take several forms; however, the form most likely to be used is one or two open-ended questions to the broad problems or issues.

4.4 Benefits and Limitations of Delphi study

The benefits of round 1 consist of a) adequate time for thinking and reflection, b) avoidance of undue focusing on particular idea, c) avoidance of competition both in status pressures and conformity issues, d) avoidance of choosing between ideas prematurely, e) time is flexible in allowing participants to respond at the most convenient time, and f) traveling time is not required and all responses are anonymous (Delberg, et al, 1979: 90). As in the case of the free exchange of views, anonymity helps avoid undesirable psychological effects and thus allows a more valid set of outcomes.

CHAPTER 3

METHODOLOGY

This research consists of three parts: (a) soliciting the dimensions of scientific literacy from expert groups of science professors, science educators, science teachers, engineers, medical doctors, business and industry employees, and government officials; and analyzing the perceptions of scientific literacy from the above expert groups, (b) developing scientific literacy test items from the perceptions of these experts groups, and (c) evaluating the level of scientific literacy of Thai students. In the following sections, descriptions will be made on:

1. The population and sample
2. Instruments
3. Data collection
4. Data analysis
5. Statistics

1. Population and Sample

The population of this study was divided into two groups: the first group are expert groups: science professors, science educators, science teachers, engineers, medical doctors, business and industry employees, and government officials; the second group are Thai students who studied in pilot schools and participating schools.

1.1 Selection of Expert groups

The expert groups were asked for their perceptions on scientific literacy that Thai students should know. These expert groups were science professors, science educators, science teachers, engineers, medical doctors, business and industry employees, and government officials. The perceptions on scientific literacy from each group are cross compared. These participants will be selected by nominations of people or by researcher with some experts' advice. Nominators were identified from universities, the institutes for the promotion of teaching science and technology, schools, hospitals, business and industries, and government departments. Each nominator was asked to provide a list of possible experts that could participate in this study. The identified experts were contacted by phone or mail to see if

they would be willing to participate. A total of 29 experts were the targets of this study. The Delphi technique was used.

1.1.1 The science professors are currently working in universities in Thailand. Three public universities and institutions were randomly selected. The rectors of these universities were contacted by letters, stating an outline of study, for permission to contact the department chairpersons to recommend names of at least three science professors who were teaching or conducting research in science and were considered knowledgeable about scientific literacy. In each university, one professor in life science and one in physical science were selected. These professors were contacted by letter and asked them to participate in the study. All together, there were 3 life science and 3 physical science professors.

1.1.2 Experts in science educators were selected from 3 universities that had science education departments. The department chairpersons were contacted by mail. The letters described this research and asked each of them to recommend the names of at least two science education professors who were teaching and conducting research in science education and also were considered to be knowledgeable in scientific literacy. Three science educators, one from each university were selected from the list provided. In addition, the Director of the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) was contacted by mail, asking him to provide the name of 5 science educators in IPST from the departments of elementary science, secondary science, chemistry, physics and biology, to participate in this research.

1.1.3 Three science teachers were selected; an academic science teacher, a national science teacher and a master science teacher. The school directors were asked for permission to let these science teachers participate in this research.

1.1.4 Three engineering professors came from the universities that had schools of engineering. Three universities were selected and each dean of the engineering school was requested to recommend the names of at least 2 engineering professors. The engineering professors were asked to participate in the research. If one of them was unable to participate, then another professor from the same faculty was contacted.

1.1.5 Three hospitals were selected, and one medical doctor came from each hospital. In this case, the director of each hospital was asked to recommend at least two of his medical doctors. Then one of them was selected and contacted by mail asking him/her to

participate in the research and if one of them was unable to do, another person from the same hospital would be contacted until three doctors can participate in the study.

1.1.6 Three business and industry employees came from the industries. In this case three industries were selected, and then the director of each industry recommended at least two people. Then one of them was selected and contacted by mail asking him/her to participate in the research, and if anyone was unable to participate, another person from the same industry would be contacted until three business and industry employees could participate in the research.

1.1.7 Government officials were those who were working in the government departments. Three departments were selected and the chairperson of each government department was asked to recommend the names of at least two government officials. Then one of them was selected and contacted by mail, asking him/her to participate in this study. If any one was unable to participate, another person from the same department would be selected and asked to participate until three government officials could participate in the research.

In conclusion, the sample of expert groups that participated in this research were composed of 29 persons: 6 science professors, 3 science educators from universities and 5 from IPST, 3 science teachers, 3 engineering professors, 3 medical doctors, 3 business and industry employees, and 3 government officials. According to Delphi studies, none of the participants will not know the other participants in order to avoid bias or the influence of each other. A study should be of three rounds.

Gender, highest degree held, working position, working experience, and the expertise of experts were documented.

1.2 Population and Research Sample

The populations were students who studied grade 9 in pilot schools (5 schools) and participating schools (144 schools) in the Bangkok metropolis and its vicinity. All together the total schools for pilot schools and participation schools were 149 schools.

The sample schools were selected from Bangkok, Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nonthaburi, Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhon. These schools are under the General Education Department, the Primary Education Commission (ONEC), and the Private Education Commission (OPEC). The population schools were classified into 3 groups, as mentioned above, then the schools were randomly selected. Twenty schools from Bangkok,

Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nonthaburi, , Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhon were samples.

Numbers of the students were determined by using Taro Yamane table. From Taro Yamane table, if the population is more than 100,000 persons, the sample size should be 900 people ($\pm 5\%$). Therefore, the total numbers of the students for this research were 1135 students. One class (50 students) of each school was randomly selected. However, if schools had less than 50 students in one classroom, 2 classrooms were randomly selected. If some schools had less than 50 students in 9th grade, then all of them were selected.

School directors were contacted by mail, and asked to participate in this study. Responses were requested within two weeks. If they did not respond, the schools would be contacted by phone. If some schools were unable to participate, other sampling schools would be selected.

2. Instruments

2.1 Scientific Literacy that Thai Students Should Know.

The Delphi method was used in this study. According to Delphi method, three round processes were used. In this section, the details on Delphi technique are explained.

Round 1

An open-ended questionnaire was used in the first stage. This questionnaire was prepared by the researcher, along with a team of science and teacher educators. Current science education reform documents, such as Science for All Americans, Benchmarks for Scientific Literacy and PISA projects were used as guidelines in order to question expert groups. Participants were asked to list ideas about what areas of scientific literacy Thai citizens should know (see Appendix A) under three separate headings:

1. a vocabulary of scientific terms and concepts.
2. an understanding of the process of science.
3. an awareness of the impact of science and technology on individuals and on society.

Participants were reminded that this study did not only seek their views of what science content Thai citizens should know, but also they were urged to write, in as much essential detail as possible, what Thai people should know in following three dimensions; scientific knowledge, scientific process and awareness of the impact of science and technology. In each component, participants were requested to expand their thinking so as to:

- a. State each idea clearly in detail.
- b. State why they thought that knowledge was essential for Thai people to know. The data from the first round was analyzed and summarized into themes, which were used to develop the questionnaire for round 2.

Round 2

In this stage, the questionnaire was a summary of themes and their titles from round 1. Respondents were required to do the following:

- a. Rate the importance of each categorized response from round 1 on a 5 point Linker scale (where a score of one means strongly disagree and 5 means strongly agree).
- b. Prioritize the theme as 'essential,' 'desirable,' or 'optional' for the scientific literacy.
- c. Commended on the summary of each theme
- d. Made any comments for emerging similar or related themes.

In round 2, the participants compared their views with the others about what scientific literacy Thai citizens should know. They were encouraged to consider, commend and rank these scientific literacy themes. Panels were asked to rate each theme on a 5 point Linker scale. Moreover, participants were requested to indicate a justification for their rating why these ten themes were important. Assign a value of "10" for the most important, "9" to the less importance, and so on. The least important was assigned a value of "1" (Delbecq, et al.1975: 98).

The goal of this round was to identify themes for which each participant viewed. The overlap and repetition was eliminated in the second round. Moreover, participants' views were sought out for the possible merging of individuals themes articulating similar ideas across 3 dimensions: scientific content, science process skills and the application. After merging, resulting themes were recommended for round 3.

Round 3

The goal of this stage was to determine if there was any consensus among the panels. The questions in round 2 were analyzed and merged by using mean and mode and standard deviation of each participant. Participants were asked to review their responses and express their judgments on those important themes by using the same rating scale. They could write any comments they had. In this round, the questionnaire format was easy for respondents and needed only 30 minutes to do (Delbecq et al : 1975 : 104). Therefore, some themes in questions from round 2 were eliminated. The themes in round 2 that had a mean rating of more than 3.6 or mode of 5 were used in the third round. It was essential for research to decide on an appropriate inform about the lower level of percentage of participants responses that were consented. However Osbone & et, al. (2003 : 700) used two – thirds or 66 percent, rating theme as 4 or above on the five - Linker scale. Then on this study, the criterion as Osbone & et, al. had been used in 2003 was used. Osbone & et, al : (2003) used standard deviations to determine consensus of themes. It was said that if the standard deviation was less than 1.0, it indicated a high level of consensus (p 700). Therefore, if the result of the second round showed that all of the themes were in consensus, then the Delphi study would be longer continued.

The data from round 3 was analyzed by the same method used in round 2. The results would be clear and easy for everyone to understand, although they did not know about the Delphi method. The results from the Delphi study were the answer for the first research questions which were the perception of scientific literacy Thai students should know from each expert group and across the groups. The results of Delphi study was used to develop scientific literacy test items.

2.2 Development of Scientific Literacy Test Items

The scientific literacy test items came from the conclusion of the Delphi study mentioned above. In this section, the development of test items was discussed. Scientific literacy tests were used to find out the level of scientific literacy in Thailand. One of the influences in scientific frameworks, as Lugksch (2000 : 87) mentioned, was a method of measuring scientific literacy (see Figure 2.2 in chapter 2). Measuring scientific literacy was very difficult, because there were many definitions of scientific literacy, which influence scientific

literacy measurement. Lugksch (2000 : 87) argued that there were at least three different groups of people measuring scientific literacy: sociologists of science, social scientists and public opinion researchers and science educators. However, Miller (1983 : 31) used three dimensions of scientific literacy for measurements;

- A vocabulary of scientific terms and concepts.
- An understanding of the process of science.
- An awareness of the impact of science and technology on individuals and on society.

In the same way, Lugksch (1996a : 27, 1996b : 336) used the same three dimensions as Miller's to develop the basic scientific literacy test items. In this study, scientific literacy test items were developed by the researcher. This section explained how scientific literacy test items were developed. Hambleton (1984 : 201) stated that there were many steps in developing test items and making them valid. However, this process did not guarantee that the items developed would be valid. Therefore, it was essential to find out the validity of test items. Hambleton (1984 : 201-202) concluded that there were 12 steps in the development of test items: preliminary considerations, objective review , item writing, assessment of content validity, revisions of test items, field test administration, revisions of test items, test assembly, selection of standards, pilot test administration, preparation of manuals, and additional technical data collection. In this study, the researcher developed the scientific literacy test items partly under the pattern of Hambleton;

The processes of developing scientific literacy item tests were presented as follow:

2.2.1 The results of Delphi study were analyzed. The scientific literacy item tests of the 9 grade were developed. These emphasized the scientific knowledge, the process of science, and the awareness of the impact of science and technology. The results of the themes of scientific literacy that ninth – grade students should know from the Delphi study were used to develop scientific literacy item tests. These were designed to assess 9 grade students performance along four stands of science: Life Science, Physical Science, Earth and Space Science, and Nature of Science.

2.2.2 The researcher developed scientific literacy test items under Miller's dimension of scientific literacy. The tests were multiple choices, true and false, and short answer. As Hambleton (1984 : 201) stated that "identify a sufficient pool of judges and

measurement of specialists." The method 'index item-objective congruence' (IOC) was used to evaluate the test items. The index of item-objective consistence (IOC) was calculated. In the process of index item-objective congruence, questions were approved by seven experts, who were experienced in teaching science and developing science curriculum in terms of content validity, scientific literacy dimension and language. After test items were determined whether they matched the objective, then they were reviewed. The test items represented the scientific literacy. The process of this development was free from bias.

2.2.3 The IOC of the questions, which scored above 0.70 was selected by the researcher and evaluated for validity and reliability of the tests.

2.2.4 The first draft of scientific literacy items were piloted with grade 9 students. They were asked to give comments and the time of doing these tests were noted. These comments were useful for evaluating and improving test items. During this stage, some editing of the test items was necessary. Then the tests were prepared for tryout.

2.2.5 The tests were tried out with 240 grade nine students. They were 120 students from Satrii Samut Prakarn, Samut Prakarn Provinve, and 120 students from Sanguanying School, Supanbure Province. The pilot tests were evaluated for the difficulty (p), the discrimination (r) index, reliability and validity, Then the questions were selected, using the criteria of the difficulty (p) index between [0.2. 0.8] and the discrimination (r) index above 0.20, and the reliability of the scientific literacy item test criteria more than 0.70. This time the final revision was based on data from pilot tests. They were then ready to use.

2.2.6 The short answer tests were rated by using the inter relationship between two ratings. The Pearson product Movement Correlation Coefficient was used to test the significance of the correlation.

A pilot test was designed. Students were chosen from grade 9 for the test. Test manuals and instructions were prepared. Through a series of these preparations, the scientific literacy test items were developed again and were used to generate data for research questions numbers 2, 3, 4 and 5.

3. Data Collection

Level of Scientific Literacy

The researcher contacted the sample schools and asked them for their schedule in order to prepare the test. During this sampling period, the schools were contacted by mail or phone (if necessary). Scientific literacy tests were sent to the schools by the researcher. The process of testing was completed in one month, and the schools administered the test using the test manuals provided. The schools then returned all questionnaires and answer papers to the researcher.

4. Data Analysis

4.1 Analysis of the Delphi study

The scientific literacy that 9th grade students should know was analyzed by using the mean, mode, and standard deviation. The standard deviation of the consensus themes were lower than 1.0 (Osborne & et, al : 2003 : 700), which indicated that themes were of high consensus.

4.2 Analysis of Scientific Literacy Test

Reliability was used to find out the Scientific Literacy Test Items of the research instrument. The statistic used in this processed were:

4.2.1 Kuder - Richardson Formular 20:

The KR 20 was used to measure the test according to Gronlund (1985 : 93) who stated that:

The Kuder-Richardson Formula 20, is based on the proportion of persons passing each item and the standard deviation of the total scores. The computations are rather cumbersome, unless information is already available concerning the proportion passing each item, but the result is equal to the average of all possible split-half coefficients for the group tested.

This statistic measured test reliability of inter-item consistency. A higher value indicated a strong relationship between items on the test.

4.2.2 Cronbach's Coefficient Alpha: This statistic was used for analyzing the

scientific literacy test items of the second part (true and false) and third part (short answer) of scientific literacy item tests. The Coefficient Alpha had a maximum value of 1.00. The larger the overall alpha coefficient, the more likely that items contributed to a reliability scale. Nunnally and Benstein (1994) suggested that an acceptable value of alpha coefficient was 0.70

4.2.3 Item difficulty (P): This statistic was used to classify the difficulty of each item of scientific literacy. The P value was the proportion of respondents who selected the right answer to that question. The item difficulty between 0.20 – 0.80 was selected.

4.2.4 Discrimination index (r): This statistic was used to measure the extent to which scientific literacy item tests were responded. It was used to separate differences between individuals who attained a high score and low score. The discrimination value was between -1.00 to 1.00, however the discrimination index that needed to select was greater or equal to .20.

4.2.5 Content validity by index of item objective congruence (IOC) was applied. Hambleton (1984 : 201) stated that "identify a sufficient pool of judges and measurement of specialists." The method 'index item-objective congruence' (IOC) was used to evaluate the test items. The IOC greater than 0.70 was selected.

4.2.6 The P – Biserial (PBis) correlation coefficient indicated the relationship of performance on item with performance on the subtest. The PB is also told about the contribution from the item to the predictive validity of the total test. According to Ebel, in 1965, he suggested that the strength of relationship for biserial correlations of .40 and above indicated very good item, 0.30 - 0.39 indicated good and below 0.30 indicated poor.

4.2.7 Intra – rater consistency: This was used to analyze the score rating by the same rater in different time.

5. Statistics

5.1 Collecting information of scientific literacy that Thai students should know. This study used basic statistics:

5.1.1 mean

5.1.2 mode

5.1.3 standard deviation

5.2 Developing the scientific literacy test items.

5.2.1 Difficulty index (P) and discrimination index (r) of scientific literacy test items

$$P = \frac{R}{N}$$

Where P was difficulty index of each item

R was total right items

N was total of students

$$r = \frac{(R_u - R_l)}{f}$$

Where r discrimination index of each item

R_u = total of students in strong group

R_l = total of students in weak group

f = total of students in strong group or weak group which are equal

5.2.2 Content validity by index of item objective congruence (IOC)

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

IOC = index of item objective congruence

R = total of expert's opinion

N = total of experts of content

5.2.3 Reliability of the test by KR20 (Kuder-Richardson)

The Kuder_Richardson 20 was an estimate of the test's reliability. It varied between 0.00 and 1.00. The Kuder_Richardson 20 coefficient was calculated by

$$KR20 = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{SDt^2} \right]$$

Where *KR-20* was the Kuder Richardson 20 reliability estimate of the test, assuming dichotomous answers (answers containing only two choices, ie., correct or incorrect).

k was the number of items in the test,
 p was the proportion of students who answered the item correctly,
 q was the proportion of students who answered the item incorrectly and
 SDt was the standard deviation of the test

5.2.4 Cronbach Alpha Coefficient

Cronbach's Alpha can be used as a measure of internal consistency. It was a measure of squared correlation between observed scores and true scores. Put another way, reliability was measured in terms of the ratio of true score variance to observed score variance. The Cronbach alpha equal to 1.0 when the total score variance was perfectly attributable to the common factors running through the test items. Cronbach Alpha Coefficient was calculated by

$$\alpha_k = \frac{k^2 s_p^2}{k^2 s_p^2 + k s_{res}^2}$$

k was the number of items in the group.

$k s_{res}^2$ was variance of residual components, which can not be controlled.

s_p^2 was the variance component for person

5.2.5 Intra – rater consistency

The Person correlation was used to test the score rating for the same answer by the same rating in the different time.

5.3 Statistics for Hypotheses Testing

Two statistics were used to test the Hypotheses in this study.

5.3.1 Independent t-test technique was used to test the second, third and fifth hypotheses: compare the level of scientific literacy between the students in Bangkok and its

vicinity, between the pilot schools and participating schools, and between boys and girls. The SPSS program for Windows was used to test the significance.

5.3.2 One – way ANOVA was used to test the fourth hypotheses, compare the scores of scientific literacy between the students in Department of General Education(DGE), The Office of the National Primary Education Commission (ONPEC), and the Office of the Private Education commission (OPEC) The SPSS program for Windows was used for statistics analysis.

In addition, the basic statistics, such as mean, mode, and standard deviation, were used for analyses.

CHAPTER 4

FINDINGS

This chapter presents the findings of the scientific literacy that Thai students should know. The findings are presented in the following order: 1) the Delphi study and the results, 2) the scientific literacy item test development, 3) students scientific literacy evaluation.

Conduct of the Delphi study and Analysis of the results

There were three rounds of Delphi studied. The study started with the questionnaire (Appendix 2) to the science teachers during their professional development time in March and April 2004. Then the questionnaires were analyzed and prepared for the first round.

1. Round 1

The first stage of the study began in August, 2004. By using semi open – ended 'brainstorming' questions, participants were asked to list ideas about what areas of scientific literacy Thai citizens should know (Appendix 3) under three separate headings:

- 1.1 a vocabulary of scientific terms and concepts
- 1.2. an understanding of scientific process
- 1.3. an awareness of the impact of science and technology on individuals

and society

For each component listed, participants were requested to indicate whether they agreed or disagreed with each topic, and also to describe each idea. This first round of the Delphi study elicited extensive comments from most participants. All of these responses were coded and analyzed. Thirty-seven themes emerged from the analysis, and a summary was composed for each theme.

2. Round 2

The round 2 questionnaire presented the titles and summaries of the 37 themes as shown in Table 18 (appendix 4). In the second round, participants were required to rate the importance of each categorized response from round 1 on a 5 point Likert scale (where a score of 1 indicated strongly disagree and 5 represented strongly agree). In this round,

participants were also asked to write a justification for their rating and make comments about the title of the themes. The reflections of the participants were then summarized.

Consensus and stability

Means, modes, and standard deviations for each theme were calculated by using a five – point scale (Table 1). It was found that all 37 themes in round 2 had a mean (M) more than 4, indicating they were viewed by the participants as important or very important. However, a total of 27 themes had a mean more than 4.5 which indicated that participants viewed these themes as very important. From table 1, it showed that all of 37 themes had a standard deviation (SD) less than 1.0, which indicated that all 37 themes were consensus. Because the Delphi technique was used to make a consensus of the topic studied, findings from round 2 indicated that all of 37 themes were consented, therefore round 3 was no longer needed. All of the themes were used to develop the scientific literacy item tests.

TABLE 1 THEMES FOR ROUND 2 OF DELPHI STUDY, INCLUDING THE RATINGS GIVEN BY PARTICIPANTS.

Theme Title and summary	Mean	Mode	S.D.
The fundamental unit of living organisms	4.7.0	5	.63
The organ systems of living organisms	4.78	5	.52
Photosynthesis	4.87	5	.34
Drugs and the functioning of organ systems	4.74	5	.45
Passing on genetic traits	4.35	5	.88
Genetic diseases	4.52	5	.79
Evolution of living organisms	4.39	5	.66
Nutrients and Living	4.78	5	.42
Biodiversity	4.43	5	.66
Biotechnology	4.35	5	.83
Utilization of natural resource	4.83	5	.39
Problems of local natural resource	4.74	5	.54
Water recovery technology	4.09	5	.90
Substances' properties and classification	4.57	5	.59
Radioactive elements	4.39	5	.72

TABLE 1 (continued)

Theme Title and summary	Mean	Mode	S.D.
Transition of states of matters	4.52	5	.51
Solution	4.70	5	.56
Properties of acids and bases	4.78	5	.42
Chemical reactions	4.57	5	.51
Chemicals in daily lives	4.87	5	.34
Motion	4.50	5	.66
Gravity	4.65	5	.57
Friction	4.65	5	.65
Moment of force	4.39	4	.72
Relationship between work and energy.	4.52	5	.59
Electrical energy	4.83	5	.39
Heat energy	4.57	5	.59
Light and vision	4.70	5	.47
The results of energy consumption and environment	4.57	5	.66
Dynamics of the Earth crust	4.43	5	.66
Local geological resource	4.57	5	.51
Soil and utilization	4.74	5	.45
Rocks and utilization	4.52	5	.67
Air and water	4.74	5	.45
The solar system and its effects to living organisms on Earth	4.48	5	.59
Stars and star clusters	4.35	5	.78
Advances in space technology and their application	4.52	5	.51

Development of scientific literacy item tests

The experts who participated in Delphi study agreed on 37 importance themes for Thai students. These themes were then used to develop scientific literacy item tests for evaluations of grade 9 (M 3) students. Scientific literacy test items were written into three types: multiple choice, true and false, and short answer tests. Items were given to 7 experts to evaluate, to correct for grammar, scientific knowledge, and science process skills.

1. The first draft of scientific literacy items were piloted with grade 9 students. Students were asked to give comments, and the time of doing these tests were noted. These comments were useful for evaluating and improving test items. During this stage, some editing of the test items was done

2. The researcher developed 100 items of the scientific literacy test under Miller's dimension of scientific literacy. These questions were approved by seven experts, who were experienced in teaching science and developing science curriculum, in terms of content validity, scientific literacy dimension and language. The index of Item – Objective consistence (IOC) were shown in appendix 5

3. The IOC of 80 questions with a score above 0.70 were selected by the researcher and evaluated for the validity and reliability. Test items were edited and revised. Some additional scientific literacy test items were added, and followed the steps mentioned above.

4. The 80 questions were tried out with 240 students studying in the 9th grade. They were 120 students from Satrii Samut Prakarn, Samut Prakarn Province, and 120 students from Sanguanying School, Supanburi Province. The level of difficulty (p) and the level of discrimination (r) are show in Appendix 5

5. The scientific literacy item tests were selected using these criteria. The 25 items for part 1 (multiple choice) were selected by using the criteria of the difficulty index (p) between [0.2. 0.8] and the discrimination (r) index of the data greater or equal to 2.0. The 25 items for part 2 and 27 items for part 3 were selected (appendix 5). The total of strands and the three dimensions of the scientific literacy test items are shown in table 2

**TABLE 2 THE STRANDS AND THE THREE DIMENTIONS OF SCIENTIFIC LITERACY
TEST ITEMS**

Strands	Scientific Knowledge	Scientific process	Awareness of Scientific	Totals	Approximate % of Test
Life Science	12	9	7	28	36.4
Physical Science	14	7	7	28	36.4
Earth/Space Science	9	2	4	15	19.5
Nature of Science	3	1	2	6	7.7
Totals	38	19	20	77	100
Approximate % of Test	49.4	24.7	25.9	100	

6. Field test administration, test items were prepared for pilot testing. Students in grade 9 were selected to participate in the field test. Then the results were analyzed for reliability and validity. The final revision was based on data from pilot tests. They were then ready to use.

7. Preparations of manuals, in this step, test manuals and instruction were prepared. Through a series of preparation steps, the scientific literacy test items were developed again and these test items were used to generate data for research questions 2 , 3 and 4.

Scientific literacy test items

The first hypothesis was to develop test items in order to assess scientific literacy. The tests were conducted by using the 37 themes from the experts' consensus on scientific literacy for Thai students. These tests were written into 3 types of questions: multiple choices, true and false, and short answer.

1. The first part of the test was multiple choice. There were four choices; the total of the test items were 25 items. Table 3 shows the result of the statistics of the multiple choices.

TABLE 3 THE STAISTICS OF THE FIRST PART, MULTIPLE CHOICES.

	MEAN	SD	VAR
TEST SCORES	30.558	3.819	14.585
DIFFCULTY	0.619	.522	.273
DELTA	11.605	2.206	4.867
ITEM RELIA	0.200	0.059	.003
BISERIAL RBIS	0.449	0.135	0.018
POINT-BISERIAL PBIS	0.342	0.102	0.010
P	15.479		

$$KR-20 = 0.700$$

The data from Table 3 indicated that mean of the first part of scientific literacy tests items was 30.558, and the difficulty (item Difficulty :p) was 0.619. The 25 items were classified into three categories: 28 % (7 items) showed a difficulty (p) between 0.20 - 0.40, 20 % (5 items) were 0.41 – 0.60, and 0.52 % (13 items) were 0.61 – 0.80. The data from Table 2 showed that the PBIS was 0.342, which indicated that these test items were good. The KR - 20 was 0.700, which indicated that these items were efficient for measuring scientific literacy.

2. The second part of the test was true and false questions. This part was composed of 25 true and false items. By using the Classical technique model, 27 % Upper-Lower group, it was found that the mean of item discrimination, Item-test correlation (r), was 0.350 and the correlation (t) of these 25 items showed a significance of 0.05 alpha level. Table 4 indicated that the Alpha Coefficient was 0.701. However, when using the Rash Model, it was found that the Sample reliability of item separation was 0.951, and the test reliability of subject separation was 0.707. According to the Rash Model, when the Sample reliability of item separation and the test reliability of subject separation are nearly equal to 1, this indicates good. Therefore, the Alpha Coefficient, Test reliability of subject separation, and Sample reliability of item separation in this study showed that the second part of the scientific literacy was sufficient to evaluate the students.

TABLE 4 THE RELIABILITY OF THE SECOND PART, TRUE AND FAULT.

	Reliability
Alpha Coefficient	0.701
Test reliability of subject separation	0.707
Sample reliability of item separation	0.951

3. The third part of the test was short answer questions. Students needed to read and write short answers. A total of 27 items were selected and statistics are shown in Table 5

TABLE 5 THE RELIABILITY OF THE THIRD PART,SHORT ANSWER.

	Reliability
Alpha Coefficient	0.823
Test reliability of subject separation	0.904
Sample reliability of item separation	0.964
Person Correlation	0.996 *

Alpha = 0.05 One –tailed

The third part of the test items was short answer questions. This part was composed of 27 items. By using Classical technique model, 27 % Upper-Lower group, it was found that the mean of item discrimination, Item-test correlation (r) was 0.432 and the correlation (t) of these 27 item showed a significance of 0.05 alpha level. The table 5 indicated that the Alpha Coefficient was 0.823. However, when using the Rash Model, it was found that the Sample reliability of item separation was 0.964 and the test reliability of subject separation was 0.904. According to the Rash Model, when the Sample reliability of item separation and the test reliability of subject separation is nearly equal to 1, this indicates a good reliability. The Person Correlation of .996 is significant at the 0.1 level. This indicated the inter-consistency of the answer by the same rater at different time was consistent.

Therefore, the Alpha Coefficient, Test reliability of subject separation, and Sample reliability of item separation showed that the third part of the scientific literacy was sufficient to evaluate the students.

TABLE 6 THE SCIENTIFIC LITERACY ITEM TESTS AND THEIR STATISTICS

	Part 1	Part 2	Part 3
Number of items	25	25	27
Score	50	50	84
Mean	30.558	39.068	45.5398
Mean of item test correlation	-	0.3500	0.4317
Difficulty	0.619		
KR-20	.700	-	-
Biserial (RBIS)	0.449	-	-
Point – Biserial (RPB)	0.342	-	-
Test reliability of subject separation	-	0.707	0.904
Sample reliability of item separation	-	0.951	0.964
Test Reliability (Alpha Coefficient)	-	0.701	0.823
Person Correlation			0.996

In conclusion, the scientific literacy test items were constructed and analyzed, as shown in table 6. The scientific literacy test items were divided into three parts: multiple choices, true and false, and short answer. All of those scientific literacy test items (appendix 6) were used to evaluate students in Bangkok Metropolis and its vicinity.

The data collection

According to the process of scientific literacy development, the scientific literacy test items were developed into three parts: multiple choice, true and false, and short answer. These test were used to evaluate the students who studied in the Bangkok Metropolis and its vicinity. Twenty schools were randomly selected as research samples from Bangkok, Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nonthaburi, Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhorn. After the schools were selected, the school directors were contacted and asked to participate in this study. The names of schools are shown in table 7. A total of 1135 students were used. The scientific literacy tests were carried out during February

and March 2005. Then, the collected data were analyzed by using the SPSS program version 10 for Windows. The results of the study are shown in Table 8.

TABLE 7 SCHOOL WHICH PARTICIPATING IN STUDY

School names	Provinces	Departments
1 Wat Suthivararam	Bangkok	DGE
2 Samsen Wittayalai	Bangkok	DGE
3 Saintcabreal	Bangkok	OPEC
4 Wattana Wittayalai	Bangkok	OPEC
5 Sacred Heart Convent	Bangkok	OPEC
6 Ratvinitbangkean	Samut Prakan	DGE
7 Khad Ommara Ousan Luk Wittaya	Samut Prakan	DGE
8 Satrii Samut Prakarn	Samut Prakan	DGE
9 Wat khean Kat	Pathum Thani	ONPEC
10 Bang bua thong	Nonthaburi	DGE
11 Charean Phra Kean Somdeaj Pra Sri Nakarin	Samut Sakhorn	DGE
12 Onnalai	Samut Sakhorn	OPEC
13 Wat Khai Ban Bo (Ban Bo Rat Bom Rung)	Samut Sakhorn	ONPEC
14 Bang Nao Brean	Chachoengsao	DGE
15 Prathumthani Nanthamuni	Pathum Thani	DGE
16 Wat Pikulngan	Nonthaburi	ONPEC
17 Chumchan Wat Chai Noi	Nonthaburi	ONPEC
18 Pang Yang Wattayakom	Chachoengsao	DGE
19 Pay Hao	Samut Prakan	OPEC
20 Chumchan Prachatiput Wattayakan	Pathum Thani	ONPEC

Result of the study

The results of the scientific literacy of students from twenty schools in Bangkok metropolis and its vicinity (Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nonthaburi, Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhon) are shown in the Table 8.

TABLE 8 THE RESULTS OF THE SCIENTIFIC LITERACY TEST OF THE STUDENTS WHO STUDIED IN M 3 OF THE SCHOOLS IN BANGKOK AND ITS VICINITY

Schools	Mean	SD	Median	Min	Max
1 Wat Suthivararam	125.85	21.13	127.00	71	160
2 Samsen Wittayalai	137.85	10.27	139.50	114	157
3 Saintcabreal	138.96	18.82	1390..	90	169
4 Wattana Wittayalai	128.35	16.65	129.00	86	169
5 Sacred Heart Convent	114.86	19.65	118.00	68	145
6 Ratvinitbangkean	128.46	18.36	130.00	78	163
7 Khad Ommara Ousan Luk Wittaya	116.32	15.48	118.00	65	157
8 Satrii Samut Prakarn	127.51	12.24	127.00	94	151
9 Wat khean Kat	103.50	15.86	104.00	53	144
10 Bang bua thong	112.12	14.39	109.00	86	148
11ChareanPhraKeanSomdeajPraSriNakarin	111.44	15.24	111.50	72	140
12 Onnalai	99.63	15.05	97.00	58	135
13 WatKhaiBanBo(BanBoRatBomRung)	89.15	19.66	89.50	46	128
14 Bang Nao Brean	97.55	17.23	99.00	54	140
15 Prathumthani Nanthamuni	97.55	20.10	96.00	42	153
16 Wat Pikulngan	97.58	23.95	103.00	40	131
17 Chumchan Wat Chai Noi	117.24	18.02	122.00	81	148
18 Pang Yang Wattayakom	85.48	17.01	88.50	50	130
19 Pay Hao	106.55	21.08	110.50	45	144
20 Chumchan PrachatiputWattayakan	86.65	17.21	85.00	46	124
Total	109.33	23.69	110.00	40	169

The results in Table 8 indicated that the mean of the 20 schools was 109.33 and the Standard deviation (SD) was 23.69. The maximum score was 169 and the minimum was 40. The following sections illustrate the results of the study

Hypothesis II: scientific literacy scores of the students in the Bangkok Metropolis and its vicinity were different.

The scores of scientific literacy of students in the different school locations of the Bangkok metropolis and its vicinity are shown in Table 9.

TABLE 9 TEST SCORES OF THE STUDENTS FROM DIFFERENT SCHOOL LOCATIONS

Sources of data	n	M	SD	df	t	p
Schools from Bangkok	313	127.99	19.67	1133	18.729**	.000
Schools from vicinities	822	102.23	21.09			

$$t_{(.05; df 1133)} = 1.960 \quad df = n - 2 \quad p = \text{probability}$$

The t-test result of scientific literacy of the students who studied in the Bangkok metropolis and its vicinity showed that the mean scores were significantly different at 0.05 level. This indicated that students who studied in Bangkok and its vicinity had scientific literacy differences. The data showed that students in Bangkok schools had a higher mean score (25.76) of scientific literacy than the students in schools in the vicinity, such as, Chachoengsao, Nonthaburi, Pathum Thani, Samut Prakan and Samut Sakhon, This result supported the hypothesis II.

Hypothesis III: Scientific literacy scores of the students from pilot schools and participating schools were different.

Students scores of scientific literacy in pilot schools and participating schools of the Bangkok metropolis and its vicinity are shown on Table 10.

The t-test result of scientific literacy of the students who studied in pilot schools and participating schools showed that mean scores were significantly different at 0.05 level. This indicated that students who studied in pilot schools and participating schools had different scientific literacy. The data showed that students in participating schools had a higher mean score (11.65) of scientific literacy than the students who studied in pilot schools. These results was supported the hypothesis III

**TABLE 10 DESCRIPTIVE DATA AND T-TEST RESULT OF TEST SCORES
ACCORDING TO DEPARTMENT OF THE SCHOOLS**

Sources of students	n	M	SD	t	Sig
Pilot school	236	100.11	21.77	6.853*	.000
Participating school	899	111.76	23.59		
total	1135				

$$t_{(.05; df 1133)} = 1.960 \quad df = n - 2$$

Hypothesis VI: Scientific literacy scores of students in the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education Commission (OPEC) were different.

Table 11 is presented to illustrate the different scores of scientific literacy of the students according to the school type. The data showed that the mean scores of scientific literacy of students in schools under OPEC were 119.87, which was higher than the students scores in schools under DGE, 109.97, and schools under ONPEC 96.00. The One – Way ANOVA technique was used to determine if the scores of scientific literacy according to the type of schools were significantly different. The results are shown in Table 12.

TABLE 11 DESCRIPTIVE INFORMATION OF TEST SCORES ACCORDING TO SCHOOL TYPE

School departments	n	M	SD
DGE	629	109.97	22.60
ONPEC	241	96.00	21.37
OPEC	265	119.87	22.64
Total	1135	109.33	23.69

TABLE 12 ANOVA RESULTS OF TEST SCORES ACCORDING TO TYPE OF SCHOOLS

Sources	df	SS	MS	F	p
Between groups	2	71952.687	35976.344	72.144*	.000
With if groups	1132	564496.088	498.671		
Total	1134	636448.775			

$$F_{(.05; df 2, \infty)} = 3.00$$

Regarding the students' scores in different types of schools, the ANOVA analysis indicated that the F- test was significant at 0.05 level, which indicated the scientific literacy of students in each group was different. The results of scientific literacy scores according to the school type are shown in Table 13.

The data from Table 13 indicated that 377.63 was greater than the criteria calculation data, which was 65.21. This indicated that the scientific literacy scores of the students in OPEC were significantly different from the ONPEC school students' at 0.05 level. Comparing 191.17 with 65.21, which was the criteria calculation data, it was greater than the criteria. This indicated that scientific literacy scores of students in OPEC schools were significantly different from the DGE school students' at 0.05 level. Comparing 259.14 with 61.86, it was found that the calculation data were greater than the criteria data. This indicated that scientific literacy scores of students in DGE schools were significantly different from the ONPEC School students' at 0.05 level.

TABLE 13 COMPARISON RESULTS OF TEST SCORES ACCORDING TO TYPE OF SCHOOLS

School type		ONPEC	DGE	OPEC
n		241	629	265
Mean		96.09	109.97	119.87
ONPEC	96.09	-	259.14*	377.63*
DGE	109.97		-	191.17*
OPEC	119.87			-
		p	2	3
		Rp	2.77	2.92
		SSRp	61.86	65.21

Rp = Least significant studentized range

SSRp = significant studentized range = $rp(MS_E/n)^{1/2}$

When comparing the different scores between the two groups by the Duncan method, it was found that the scientific literacy mean scores of OPEC school students were higher than DGE school and ONPEC school students', and the mean scores of DGE school students were higher than the ONPEC school students,' with a significant difference at 0.05 level. In conclusion, the mean scores of the OPEC school students were higher than DGE school students' and ONPE school students'. The mean scores of DGE school students were higher than the ONPEC schools,' respectively. Therefore, this result supports Hypothesis VI, which was Scientific literacy scores of students in Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education Commission (OPEC) were different.

Hypothesis V: The level of scientific literacy among girls and boys was the same.

Scientific literacy mean scores of the boys and girls is shown in Table 14. The results in Table 14 indicated t equal to 2.583, which meant gender showed a scientific literacy significantly different at level 0.05. The scientific literacy mean scores of the girls was 110.89, and the score of the boys was 107.22. The data indicated that the scientific literacy mean scores of the girls was higher than boys'. This result did not support the hypothesis that the level of scientific literacy among girls and boys was the same.

**TABLE 14 DESCRIPTIVE DATA AND T-TEST RESULT OF TEST SCORES
ACCORDING TO DIFFERENT GENDER**

Sources of students	n	M	SD	t	Sig
Male	481	107.22	27.05	2.583*	.010
Female	653	110.89	20.78		
total	1134				

The level of scientific literacy of grade 9 students who studied in Bangkok metropolis and its vicinity in this research indicated that:

1. The perceptions of science professors, science educators, science teachers, engineers, medical doctors, business and industry employees, and government officials to the three dimensions of scientific literacy were in consensus.

2. The construct of scientific literacy test items was developed into three parts: the first part was multiple choice, the second part was true and false, and the third part was short answer questions. The scientific literacy test items were sufficient to evaluate the students

3. The level of scientific literacy among Thai lower secondary schools in the Bangkok metropolis and its vicinity are different at 0.05 level. The scores of scientific literacy of students in the Bangkok metropolis were higher than students in its vicinity

4. The level of students' scientific literacy in pilot schools and participating schools in the Bangkok metropolis and its vicinity was different at 0.05 level. The level of students' scientific literacy in participating schools was higher than pilot school students.

5. The levels of students' scientific literacy in schools under the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (NPEC), and the Office of the Private Education Commission (OPEC) in the Bangkok metropolis and its vicinity were significantly different at 0.05 level. The level of students' scientific literacy in schools under the OPEC was higher than school students' under DGE and ONEC

6. There were gender differences in scientific literacy. The scientific literacy scores of the girls were higher than the boys.

CHAPTER 5

CONCLUSION AND DISCUSSION

This research study was aimed to find out the consensus of what scientific literacy that Thai students should know and then construct the scientific literacy test items. This chapter presents the conclusions of the study related to: the purpose of the study hypotheses, research instruments, procedures, implications and recommendations.

Purpose of the Study

The purpose of this study was to explore the perceptions of scientific literacy that Thai students should know from many groups of people who have influence in science or related science areas, such as science professors, science education professors, science teachers, medical doctors, engineers, businessmen and industrialists, and government officials.

The first part of this study was to explore areas of scientific literacy Thai citizens should know.

Secondly, the study was to examine the levels of scientific literacy that Thai students knew before they finished their compulsory education, grade nine.

Research Hypotheses

1. The developed test items were efficient to assess scientific literacy.
2. Scientific literacy scores of the students in the Bangkok metropolis and its vicinity were different.
3. Scientific literacy scores of the students from pilot schools and participating schools were different.
4. Scientific literacy scores of students in schools under the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education commission (OPEC) were different.
5. Scientific literacy between girls and boys was the same.

Research Instruments

The research instruments used in the study were as follows:

- 1). The Delphi questionnaire, composed of first and second round questions.
- 2). The scientific literacy item tests, composed of 3 parts:
 - 2.1 multiple choice scientific literacy test items
 - 2.2 true and false scientific literacy test items
 - 2.3 short answer scientific test items

Research Procedure

The research procedures were as follows:

1 Delphi study.

The researcher reviewed the scientific literacy from different research articles and textbooks, and decided the meaning and the area of scientific literacy. Then the researcher developed the questionnaire about scientific literacy that Thai students should know by using the Delphi method.

1. Round 1, questionnaire was developed and sent to the participants for decision making and suggestions about what scientific literacy they thought 9th grade students should know.

2. Round 2, from the round one questionnaire, results were analyzed and developed and sent to the same participants to make their decision about the 37 topic themes. The second round questionnaire was analyzed and developed to run on the round 3 questionnaire. From round 2, data were analyzed and found that all of the 37 themes were agreed. Therefore, these themes were constructed as scientific literacy test items.

2 constructed scientific literacy test items.

The researcher used the themes from the consensus of experts about scientific literacy that Thai students should know. Then the themes were analyzed and used to develop scientific literacy test items. Then scientific literacy test items were constructed and composed of three parts: multiple choice, true – false, and short answer questions.

- 2.1 The first draft of the scientific literacy items was piloted with grade 9 students. Students were asked to give comments and the time of doing these tests were

noted. These comments were useful for evaluating and improving test items. During this stage, some editing of the test items was done.

2.2 The content validity of these test items was found. As Hambleton (1984 : 201) stated, "identify a sufficient pool of judges and measurement of specialists." The method 'index item-objective congruence' (IOC) was used to evaluate the test items. In the process of the index item-objective congruence, 7 panels of judges were evaluating the test items. All of the tests needed an IOC more than 0.70, then items were determined whether they matched the objective or not. They were then reviewed. The test items should represent the scientific literacy. The process of this development was free from bias.

2.3 Test items review, and in this case test items were edited and revised. Some additional scientific literacy test items needed to be added if essential, and were required to follow the steps mentioned above.

2.4 Field test administration, test items should be prepared for pilot testing. Students in grade 9 were selected to participate in the field test. Then the results were analyzed.

2.4.1 Items were revised if necessary, and some of them needed to be deleted or cut off. The results of the IOC and comments from the experts were used.

2.4.2 Pilot test was designed. Students were chosen from grade 9 for the test. The evaluation of the pilot test was needed to test reliability and validity.

2.5 Preparation of manuals, in this step, test manuals and instruction were prepared. Through a series of preparation steps, the scientific literacy test items were developed again and these test items were used to generate data for research questions 2 ,3 and 4.

3 Conducting the tests

The 20 schools sample in Bangkok and its vicinity were contacted and the test run during February and March. 2005. One thousand one hundred and thirty five students were participated in taking the scientific literacy tests. Then data from the tests were analyzed by using statistics with T- test independent of paired sample statistics technique. F- test of statistics was used to compare the hypothesis.

Conclusion of the research study

This research was to construct scientific literacy test items by using Delphi method. Consensus from all experts about scientific literacy were made up tests which were evaluated the scientific literacy of students who studied in Bangkok metropolis and its vicinity.

1. The development of the Delphi study

The delphi study was used to make the consensus about what scientific literacy that grade 9 students should know. By using Delphi method 29 experts were participated in this research. Thirty - seven themes were analyzed on the first round.

In the second round, experts were required to rate the importance of each categorized response from round 1 on a 5 point Likert - scale (which a score 1 means strongly disagree and 5 represented strongly agree). In this round experts were also asked to write a justification for their rating and make comments about the title of the themes and accuracy summary in reflection participants' meaning and statements.

Means, modes, and standard deviations for each theme were calculated by using a five – point scale. All the 37 themes had a mean more than 4, indicating that they were viewed by the participants as important or very important. However, a total of 27 themes had a mean more than 4.5 indicating at this early stage participants were viewed very important. The standard deviation of 37 themes was less than 1.0, indicating a level of high consensus for all these themes. These themes were:

the fundamental unit of living organisms, the organ systems of living organisms, photosynthesis, drugs and the functioning of organ systems, passing on genetic traits, genetic diseases, evolution of living organisms, nutrients and Living, biodiversity, biotechnology, utilization of natural resource, problems of local natural resource, water recovery technology, substances' properties and classification, radioactive elements, transition of states of matters, solution, properties of acids and bases, chemical reactions, chemicals in daily lives, motion, gravity, friction, movement of force, relationship between work and energy, electrical energy, heat energy, light and vision, the results of energy consumption and environment, dynamics of the Earth crust, local geological resource, soil and utilization, rocks and utilization, air and water, the solar system and its effects to living organisms on Earth, stars and star clusters, and advances in space technology and their application.

Construct of scientific literacy test items

Scientific literacy test items were constructed and tested for reliability. They were composed of 3 types of questions: multiple choices, true – false and short answer. Research found that each part of scientific literacy tests were reliable and test items were efficient to assess students scientific literacy.

2. Scientific Literacy test.

In these steps, developed scientific literacy tests were run to test how much students knew about scientific literacy.

2.1 Testing Research Hypotheses

2.1.1 Hypothesis II: Scientific literacy scores of the students in the Bangkok metropolis and its vicinity were different. According to the t-test result, it was found that scientific literacy of students in the Bangkok metropolis and its vicinity were different significantly. The students in Bangkok scored higher than the students in the vicinity.

2.1.2 Hypothesis III: Scientific literacy scores of the students from pilot schools and participating schools were different. According to the t- test result, it was found that scientific literacy of students in pilot school and participating school were different.

2.1.3 Hypothesis IV: Scientific literacy scores of students in schools under the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education commission (OPEC) were different. According to the F – test results, it was found that scientific literacy of students in schools under the Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education commission (OPEC) were significantly different.

2.1.4 Hypothesis IV: The level of scientific literacy between girls and boys were the same. According to the t- test result, it was found that scientific literacy of boys and girls were significantly different. The girls showed higher scores of scientific literacy.

Discussion

The following is the discussion from the research results.

1. Comparing the total themes of scientific literacy of 9th grade students in which PISA was used in the OECD country, it found that most of them were the same as in this study; for instance, pollution, biotechnology, use of energy, transportation, health and disease (OECD, PISA 2000: 104). These themes were similar to PISA. Therefore, this

research emphasized and supported the science curriculum by which IPST was designed. It was also indicated that IPST and the Ministry of Education were on the right track. All these themes were shown to be important for students who were going to be scientifically literate Thai citizens in order to live and solve their daily life problems effectively and critically.

2. Found in the study, students in Bangkok had higher score of scientific literacy than the ones in its vicinity. Comparing this result with the result of PISA in Thailand (Sunee Klainin, 2004: 17), Sunee said that the score of scientific literacy of 15th years of the students in Bangkok was higher than the score of the students in other parts of Thailand. She said that scientific literacy of the students in Bangkok was higher than those in the Central, North, South and Northeast regions. This result was the same as the scientific literacy survey in China, which found that the gap between urban and rural residents was large (Zhang, 2001). There should be some reasons to explain why students who study in Bangkok did better in science than students from other provinces of the country. According to the Government policy, all schools should have the same quality. It was not easy for all schools to have the same quality because they differed as follows:

2.1 The budget that the government put into the schools was not equal. Large schools got more money than the smaller schools. This affected education management within schools, such as numbers of books in the library, instruments and chemical for use in the laboratory, and multimedia equipment for teaching.

2.2 The background of the students was different. When they were asked about GMO, some students knew the meaning because they had heard from the television and read from newspapers. In contrast, some students who did not have television at home, had no ideas about GMO and could not answer the question. It was important that media, such as radio, television newspapers, magazines, and the internet help students gain scientific literacy. Lynda; & Suzane. (2001: 51-53) found that the people who listened to the radio and read newspaper and magazines gained a higher score of scientific literacy. They indicated that the retention was related to the source that the people accessed. The printed material information, such as magazines and newspapers, was remembered better than the television and radio news. This indicated that preparation the media for students was vital. Although Lynda; & Suzane. (2001: 51-53) found that the printed material was better than the radio and television news, if schools could help students to learn from media, students would gain scientific literacy essential for life long learning. In China, 82.8 percent of the

population accessed scientific knowledge through television. (Zhang. 2001). Even some students who did not know the meaning of GMO, but they still had a positive views on this issue. They indicated, "before decided to do something, we just to find out what the research said and then we made decision." This meant that students had a positive scientific attitude.

2 To know scientific literacy, students did not just have scientific knowledge. Found in this study, some students still remembered the scientific knowledge and did not know about scientific process or awareness of science. It was important that we did not just prepare students to remember scientific knowledge, but we needed to prepare them for future life. Therefore, it is essential to find the way to improve the process of teaching science in order to prepare students to know the scientific process that they will use in the future for their higher studies or for their work.

3 To prepared students, it was not just to teach but to guide them to look around. It was vital to prepare them to have broad knowledge and mind. From the study, it was found that students had knowledge but they did not foresee. For example, students did not think that an electric current could produce pollution. Since coal is used to produce electric energy, it would then affect air pollution.

4 According to the data indicated, the mean scores of scientific literacy of boys differed from girls significantly. This result showed the same result as Skuntala Kositechaiwat (1992), which indicated that boys and girls were different in scientific literacy, with girls' scoring higher than the boys. In the same research in China, there were different levels of scientific literacy between Chinese males and females (Zhang. 2001). However, in Hong Kong, it was found that boys and girls were not different overall (Yip; Chiu; & Ho. 2004: 91-106). They also indicated that specific test components showed gender difference, with boy doing better in earth and physical science than girls, while girls could do better in recognizing questions and identifying evidence items. They said that science test items of diverse content and skills of response format provided a capacity of the students. In the TIMSS study, it was found that girls were doing in biology better than boys, while boys better Physics than girls (Marit. 2003: 5).

5 The research also found that when the question asked students to write down benefits and not benefits and disadvantages from building the dams, students could answer both. This indicated, in the new curriculum, students were taught to think both ways when they had to deal with controversial issues. However, in this item, most of the students

thought that the building dam was for agriculture - few of them thought it could produce electricity.

6 The study found that the students who study in schools under the Office of the Private Education commission (OPEC) had higher scientific literacy scores than the students who study in schools under the Department of General Education (DGE) and the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC). It was interesting to look at the schools under the OPEC as an example to improve the schools under the ONPEC. However, this result differed from the PISA studies of Thai students. Sunee klainin (2004: 17) found that scores of scientific literacy of the students in DGE were better than OPEC and ONPEC scores. She also said that the students in the Demonstration Schools (Satit Schools) were the best (p 17). However, in this study, the schools under the Demonstration school, were not selected as sampling schools. It was interesting to find out the reasons why this research differed from PISA. In addition, the characteristics of the school under each of departments were different. The private school teachers were forced to work harder than the government school teachers because of school regulations and the assessment system. Budget, parents' background, and parents' support in the famous private schools were different. However, the educational background of teachers between private and public schools also differed.

Recommendations

This section provides suggestions to prepare scientific literacy of the students, for the role of the teacher and for the future research. This research looked mainly at schools as a whole unit. There were no details studied about teachers' background, social

background

of students, school budget, and teaching methods for teachers in each school used,

limitation

of teaching quality, school facilities, as well as students in this research.

However, research expected that this study would be a starting point for further research and development in scientific literacy for Thai students in the future.

For school administrators

1) Since the level of scientific literacy of the students was significantly different in different areas of school location, Bangkok and its vicinity. The schools around the Bangkok metropolis should prepare the students to increase their scientific literacy. School facility was important. Schools should have a library, which contains science magazines, radio and television, including computers in which students could access the internet.

2) Although there was no evidence to support how much scientific literacy the students should have. Schools needed to promote their students to increase their level of scientific literacy. They should have short term and long term planning

3) Science educators should take the benefit of this study and prepare students to study science, learn and do scientific processes. The memorization of scientific knowledge should be decreased and increased the scientific process and awareness of science. In the future when students have finished their school years and went out to work or to study at the higher education level, they need to do science and technology. Therefore, it was essential to prepare the students in schooling.

For teachers

1) The science teacher development should prepare science teachers to promote scientific and technology literacy. Some teachers in pilot schools gained knowledge in science contents and science process skills by participating in science professional development, which was a good sign. It was essential that each science teacher needed to come to participate in training workshops each year. This was one way that the teacher would change the process of science teaching in their schools.

2) The science teacher who promoted scientific literacy in their teaching in their schools should have something to show for their work. They should be promoted and rewarded.

For Future research

1) There should be research on teachers' expectations of their students' scientific literacy and their preparation.

2) According to the population and sampling of schools and students in this study, they were limited with pilot schools and participating schools, and 9th grade students. Research on other schools should be done.

3) In this study, the sample limited only schools in the Bangkok metropolis and its vicinity, but there were a lot of the secondary schools in Thailand. It was vital to find the level of scientific literacy of those students and use these results to prepare the curriculum and science teacher professional development.

4) As mentioned in the discussion, the media that the students' excess could support their scientific literacy. Another finding should be to find out how much scientific literacy that the media had to influenced promote scientific literacy for the people.

5) The parents should also support their students to increase scientific literacy. No evidence how Thai parents' background have affected their students' learning. Another finding was to find out how much parents spent time and money to prepare their students to gain the level of scientific literacy.

6) The science teaching has changed in Thai schools after Educational Reform. Another finding was to find out whether the style teaching could affect students' scientific literacy.

BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAPHY

- Abelmann, C ; & et al. (2001). *Thailand Secondary Education for Employment Volume I : A Policy Note East Asia and Pacific Region*. World Bank press.
- Adler, M.; & Erio, Z. (1996). *Gazing Into the Oracle: The Delphi Method and its Application to Social Policy and Public Health*. London: Jessica Kingsley.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: author
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for All Americans*. New York: author.
- Anderson, C.W. (1999, October). "Inscriptions and Science Learning," *Journal of Research in Science Teaching*. 36(9) : 973-974.
- Bayer. (1999). *What America Thinks About Science Education Reform: An Analysis of The Bayer Facts Of Science Education I-V*. (Online). Available:
<http://www.bayerus.com/msms/news/pages/factsofscience/analysis.html>.
Retrieved: January 13, 2001
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: from Purposes to Practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Champagne, A. B.; Lovitts, B. E.; & Calinger, B. J. (1989). *This Year in School Science 1989 Scientific Literacy*. Washington, DC: AAAS.
- Chinnapat. Bhumirat (2001). *Policy Research for Science Education Reform in Thailand :Executive Summary*. (Online). Available: http://www.onec.go.th/english_ver/chin_po/index_chpo.htm
Retrieved: December 24, 2003
- Chun, S.; Oliver, J.S.; & Jackson, D. (1999). Scientific Literacy: an Educational Goal of the past two centuries. (Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching at Boston). Boston: Massachusetts.
- Dalkey, N. C. (1969). *The Delphi Method: An Experimental Study of Group Opinion*. Santa Monica, CA: The Rand Corporation.

- Delbecq, A.L.; VandeVen, A.H. & Gustafson, D.H. (1975). *Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes*. New York: Scott-Foresman.
- DeBoer, G. E. (2000, August). "Scientific Literacy: Another Look at Its Historical and Contemporary Meanings and Its Relationship to Science Education Reform," *Journal of Research in Science Teaching*. 37(6): 582-601.
- Fensham, P.J. (2002, January). Time to Change Drives for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 2(1) : 9-24.
- Galbraith, P.L.; & et al. (1997). "Toward Scientific Literacy for the Third Millennium: a View From Australia," *International journal of science education*. 19(4): 447-467.
- Goodrum, D.; Hackling, M.; & Rennie, L. (2000). *The Status and Quality of Teaching and Learning of Science in Australian School*. (A Research Report prepared for the Department of Education, Training and Youth Affairs). Department of Employment, Training and Youth Affairs.
- Gronlund, N.E. (1985). *Measurement and Evaluation in Teaching*. 5th ed. New York: Macmillan.
- Hackling, M.W.; Goodrum, D.; & Rennie, L. (2001). The State of Science in Australian Secondary Schools. *Australian Science teacher Journal*. 47(4): 6 -17.
- Hambleton, R.K. (1984). *Validating the Test Scores: A Guide to Criterion Referenced Test Construction*. Baltimore, MD: JOHN Hopkins University.
- Hewson, P.W. (2002, April). "Literacy and Scientific Literacy: A Response to Fensham,". *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 2(2): 211-217
- Jenkins, J. (1997). *A Model for General Scientific Literacy*. (Online). Available: <http://www.coe.ilstu.edu/scienceed/jinks/general.htm>. Retrieved: December 20, 2003
- Kriengsak Charoenwongsak.. (2000). *The Nation Education*. Education news. *Putting Esteem Back in to Science*. (Online). Available: <http://www.nationmultimedia.com/edu/academia1.html>. Retrieved: December 18-24, 2003.
- Kyle, W.C. (1995, December). "Scientific literacy: Where do we go from here?," *Journal of Research in Science Teaching*. 32(10): 1007-1009.

- Laughsch, R.C. & Spargo, P. E. (1996a, April). "Development of a Pool of Scientific Literacy Test -Items Based on Selected AAAS Literacy Goals," *Science Education*. 80(2) : 121-143.
- . (1996b, October). "Construction of a Paper-and-pencil Test of Basic Scientific Literacy Based on Selected Literacy Goals Recommended by the American Association for the Advancement of Science," *Public Understanding of Science*. 5(4): 331–359.
- . (1999, October). "Scientific Literacy of Selected South African Matriculants Entering Tertiary Education: A baseline Survey," *South African Journal of Science*. 95(10): 427– 432.
- Laughsch, R.C. (2000, January). "Scientific Literacy: A Conceptual Overview,," *Science Education*. 84(1): 71-94.
- Lee, S.A. (2002). *Planning Curriculum in Science*. Madison: Wisconsin.
- Lynda C. T.; Suzanne S. D. (2001). "Cloning and the Media: A Snapshot of Scientific Literacy." *ENC Focus*. 8(3): 51-53 (Online). Available: <http://www.enc.org/features/focus/archive/literacy/document.shtm?input=FOC-002085-index>. Retrieved: April 10, 2005
- Marit K (2002). Finding New Goals – PISA and TIMSS in light of Scientific Literacy. (Online). Available: <http://www.pisa.no/Dokumenter/Marits%20innlegg%20EU.pdf> Retrieved: April 20, 2005
- Ministry of Education. (2002). *Basic Education Curriculum B.E. 2544 (A.D. 2001)*. Bangkok: The Express Transportation Organization (ETO).
- MCEETY. (1999). *The Adelaide Declaration on National Goals for Schooling in the Twenty-First Century*. (Online). Available: <http://www.curriculum.edu.au/mceetya/nationalgoals/natgoals.htm>. Retrieved: December 13, 2003
- Murphy,C.; & et al. (2001,June). "National Curriculum: Compulsory School Science – is it Improving Scientific Literacy?. *Educational Research*. 43(2): 189–199.
- Millar, R.; & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: King's College London, School of Education.
- Miller, J. D. (1983, April). Scientific Literacy: a Conceptual and Empirical Review. *Daedalus*. 112(2): 29-48.

- . (1989). *Scientific Literacy: Speech Delivered at Annual Mmeeting of the AAAS*.
San Francisco: CA.
- . (1998, July). "The Measurement of Civic Scientific Literacy," *Public Understanding of Science*. 7: 203-223.
- . (2002, January-Februry). "Civic Scientific Literacy: A Necessity in the 21st Century," *The Journal of the of American Scientists*. 55(1): 1-4. (Online). Available:
<http://www.fas.org/faspir/2002/v55n1/scilit.htm>. Retrieved : December 24, 2003
- Montakan Tanchaisawat. (2000). *The Nation Education: Education news*. (Online).
Available:http://www.nationmultimedia.com/edu/edu_back/Oct30_Nov5/academia1.html
Retrieved: November 1, 2003.
- National Science Foundation (1983). *Education Americans for the twenty-first century: Report of the National Science Board Commission on Pre-college education in Mathematics, science and technology*, Sashington, DC: Author.
- OECD/ Programme for International Student Assessment [PISA]. (2000). *Measuring student Knowledge and Skill: The PISA 2000 Assessment of Rreading,Mmathematical and Scientific Literacy*. Paris: Author.
- Office of the National Education Commission. (2001). *Education in Thailand 2001/2002*.
Bangkok : Kurusapa Lardprao.
- Osborne, J.;& et al. (2003, September). "What Ideas-About-Science' Should be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community," *Journal of Research in Science Teaching*. 40(7) : 692 - 720
- Pisarn Soydhurm. (2001). *Science Education in Thailand*. Bangkok: Kulusapa Printing.
- Recer, P. (2002). *Study: Science Literacy Poor in US*. (Online). Available:
http://www.space.com/scienceastronomy/generalscience/us_science_020501.html.
Retrieved: December 24, 2003
- Royal Society. (1985). *The Public Understanding of Science*. London: Author.
- Skuntala Kositchaiwat,S. (1992). *Scientific Lliteracy of Students in Lower Secondary School, Group of School Under the Auspices of General Education Department, Bangkok Metropolis, Group 2*. Master Thesis, M.Ed.(Teaching Science); Bangkok : Graduate School Kasetsart University. Photocopied.
- Sundal, D.W.; & Sunal, S.C. (2002). *Science in the Elementary and Middle School*.

- Sunee Klainin. (2000). *The Development of Science Education in Thailand on the school Level and its Effect*. Bangkok: Krurusapa.
- Shamos, M.H. (1998). *Developing an Awareness of Science Through the Process Of Science*. (Paper presented at the Second International Symposium on Scientific Literacy at Kiel) Kiel: Germany.
- Shamos, M.H. (1996, September). "Guest Comment: The Real Threat of Scientific Literacy," *American Journal of Physics*, 64(9) : 1102-1103.
- Shamos, M.H. (1988, Spring). "A false Alarm in Science Education," *Issues in Science and Technology*. 4(3): 65-69.
- _____. M.H. (1995a). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick, NJ. : Rutgers University Press.
- _____. (1995b). The Myth of scientific Literacy. *Rutgers Teaching*. 25(1): 30-31.
- _____. (1995c, January). A Counter "Point of View." *Journal of College Science Teaching*. 25(1): 30- 31.
- Shen, Benjamin, S.P. (1975). *Science Literacy and the Public Understanding of Science*. (Paper submit in Communication of Scientific Information: edited by Stacy B. Day). pp 44-52.
- Shortland, M. (1988). Advocating Science: Literacy and Public Understanding. *Impact of Science on Society*. 38(4): 305-316.
- Swami, P. (1999). Scientific Literacy in United States of America. in *A Comparative Study on Scientific Literacy*, pp. 315 - 331. Hiroshima University.
- Swami, P. (1999). *Scientific literacy: Examining American Students' Performance*. (A paper presented at the International Conference on Scientific Literacy. (Online). Available: [http://oz.edu/\(swamip/TIMMS-JP.htm](http://oz.edu/(swamip/TIMMS-JP.htm). Retrieved : May 2002.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2002). *National Science Curriculum Standards. The Basic Education Curriculum B.E. 2544* . Bangkok: IPST.
- TIMSS (1996). *Science Achievement in the Middle School Years*. Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy. Boston College, U.S.A 32 – 39.
- Turoff, M.; & Hiltz, S. R. (1995). *Computer Based Delphi Processes*. in *The Delphi Method and Its Application to Social Policy and Public Health*. pp. 56-88. London: Kingsley.

- Thurmond, C.K. (1997). *Perception of Scientific Literacy Among State University Science Professors and Science Education Professors*. Dissertation. Ph.D. (Education) Miami : Graduate school The University of Miami. Photocopied.
- Thurmond, C.K.; & Okhee, L. (2000). "Perceptions Scientific Literacy and Elementary teacher Preparation Held by Science Professor and Science Education professor," *Florida Journal Education and research*. 40(1): 5 -27.
- Thomas, G.; & Durant, J. (1987). " *Why Should we Promote the Public Uunderstanding of Science?* in M. Shortland (Ed)," *Scientific Literacy paper*. pp. 1-14. Oxford: UK.
- UNESCO. (1983). *Science for All*. Bangkok: UNESCO Office for Education in Asia and Pacific.
- Waldron, I.; Peterman, K.; & Allison, P. (2002). *Science Survey for Evaluating Scientific Literacy at the University Level*. (Online). Available: http://www.sas.upenn.edu/faculty/Teaching_Resources/home/sci_literacy_survey.html. Retrieved November 1, 2003.
- Walberg, H.J. (1983, Spring). *Scientific Literacy and Eeonomic Productivity in International Perspective*. Daesalus. 112(2): 1-28.
- Wellington, J.J. (2000). *Teaching and Learning Secondary Science*. London: Routledge
- Yager, R.E. (1993). *Promising Practices in Elementary School Science*. Phi Delta Kappa Bloomington, IN 47402
- Yip D. Y. ; Chiu M. M. & Ho E. S. C.(2004, January) "Hong Kong Student Achievement in OECD - PISA Study: Gender Differences in Science Content, Literacy Skill, and Test Item Formats." *International Journal of Science and Mathematics Education* 2(1): 91-106.
- Yongyuth Yuthavong and Angela M. Wojcik (1997). *Science and Technology in Thailand - Lessons from a Developing Economy*. UNESCO Publishing: NSTDA. 146 pp.
- Zhang (2001,). "Scientific Literacy Raising: Survey." (Online). Available: <http://www.china.org.cn/english/MATERIAL/21108.htm>, Retrieved April 1, 2005.

Sunee Klainin. (2004, มีนาคม - เมษายน). "การรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวัยจบการศึกษาภาคบังคับ." วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี. 32(129): 9 – 18.

APPENDIX

APPENDIX 1

LISTS OF EPERTS

**TABLE 15 LIST OF RESEARCH INSTRUMENTS EXPERTS FOR DELPHI
QUESTIONNAIRES**

Name	Work place	Status
Mrs. Kingkaew Kooarmornpatana	IPST	Specialist
MR. Natee Samart	IPST	Specialist
Mrs. Chutima Temiyasathit	IPST	Specialist
Mrs. Nuthsruang Dibanuka	IPST	Specialist
Medical Dr. Verapun Tanaprachum	Chainat Manorom Christain Hospital	Medical Doctor

**TABLE 16 LIST OF EXPERTS FOR SCIENTIFIC LITERACY ITEM TESTS
DEVELOPMENT**

Name	Work place	Status
Dr. Siripon Manopichetwatana	Satisamutphakarn School	Science teacher
Miss. Pirut Suklean	Sanguanying School	Science teacher
Mrs. Pakaidao Sawadsawang	IPST	Head, Primary Science Department
MR. Natee Samart	IPST	Specialist
Mrs. Chutima Temiyasathit	IPST	Specialist
Mrs. Nuthsruang Dibanuka	IPST	Specialist
Mrs Kingkaew Kooarmornpatana	IPST	Specialist

TABLE 17 LIST OF EXPERTS FOR DELPHI STUDY

Name	Work place	Status
Medical Dr Vera Pongrujikorn	Chainat Manorom Christain Hospital Chainat	Medical Dr
Medical Dr. Chanantida Relasiriworng	Pattara – Thonburi Hospital Pathum Thani	Medical Dr.
Medical Dr. Kornkaei Seesitisareamorn	Central General Hospital	Medical Dr.
Mr. Nara Jirayuwatana	Thaipatana Tanney Co.,Ltd. Sumutprakarn	Manager
Asst. Prof. Dr. Charanai Panitchayakul	Faculty of science Kasetsart University Bangkok	Instructor
Assoc. Prof. Dr. Verasuk Udomshok,	Faculty of science Kasetsart University Bangkok	Instructor
Assoc. Prof. Saree KanKelee	Faculty of Education ChiangMai University ChiangMai	Instructor
Asst. Prof. Chatchawan Tacksaudom	Faculty of Engineering ChiangMai University ChiangMai	Instructor

TABLE 17 (Continued)

Name	Work place	Status
Assist. Prof. Dr. Rien Boondiskulchok	Faculty of Engineering Chulalongkorn University Bangkok	Instructor
Mr. Sitichai Piriakurntorn	Faculty of Engineering, SungKarnakarin University Sungkar	Instructor
Dr. Charida Pukahuta	Faculty of Science, Ubon Rajathanee University. Ubon Rajathanee	Instructor
Dr. Nipon Gasiprong	Faculty of Science, Ubon Rajathanee University. Ubon Rajathanee	Instructor
Asst. Prof. Sinrapachai Buranapanit	Faculty of Education Chulalongkorn University Bangkok	Instructor
Miss Laddawan Chareonsaksiri	Faculty of Education, Kasetsart University. Bangkok	Instructor
Mr. Chaleamporn Kantee	General Courts Phuket	Chief Judge
Mr. Vinai Mongkonthan	Ranong Province	Governor of province
Mrs. Sugeeporn Uthongsap	Office of Basic Education	Specialist
Mr. Vichain Jiraphakorbchai	Honda Automobile(Thailand) Ltd. Bangkok	Manager
Mr. Nara Jirayuwatana	Thaipatana Tanney Co.,Ltd. Sumutprakarn	Manager

TABLE 17 (continued)

Name	Work place	Status
Mrs. Aumporn Sutikurnsumbat	Apitoon fish meal co., Ltd. Samutsakhon	QC. Line and Lab.
Mr. Choosilp Attachoo	Biology Department IPST Bangkok	Head of Department
Mrs. Duangsamorn Klongsara	Secondary Science Department IPST Bangkok	Head of Department
Mrs. Phrakadaw Sawatsawang,	Primary science Department IPST Bangkok	Head of Department
Mrs. Nanthavan Hansawek	Chemistry Department IPST Bangkok	Specialist
Mr. Pirut Warapuskdee	Phyisc Team, IPST Bangkok	Specialist
Mrs. Chotip Takurnsawangpub	King's College Nakornpratoom	Science Teacher
Mr. Chookeit Chaichanadara	Satriwithaya School Bangkok	Science Teacher
Mr. Prawit Bungswan	Ravinit Bangkaew School Samutprakarn	Science Teacher

APPENDIX 2
PRELIMINARY QUESTIONNAIRES ON DELPHI STUDY

2 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ควรรู้

[illegible]

3 ผลกระทบทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อตนเองและสังคมที่ควรรู้

[illegible]

APPENDIX 2
PRELIMINARY QUESTIONNAIRES ON DELPHI STUDY

FIRST ROUND QUESTIONNAIRES

แบบสอบถามรอบที่ 1

ความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
 ตำแหน่ง / หน้าที่
 สถานที่ทำงาน
 เบอร์โทรศัพท์.....

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้เป็นแบบสอบถามฉบับที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับเรื่องของการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ที่นักเรียนไทยที่จะจบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 3 (มัธยมศึกษาปีที่ 3) ควรจะรู้ซึ่งอาจมีในหลักสูตรหรือไม่ก็ได้ แต่ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นว่าเป็นเรื่องสำคัญ และนักเรียนจบการศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 3 แล้วจำเป็นต้องรู้ โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำการตอบแบบสอบถามฉบับที่ 1 นี้แล้วส่งกลับไปให้ผู้วิจัยตามที่อยู่ที่แนบมานี้ เพื่อให้ผู้วิจัยจะได้ทำการวิเคราะห์และจัดทำเป็นแบบสอบถามฉบับที่ 2 ต่อไป

แบบสอบถามจะมี 3 หัวข้อใหญ่ๆ ตามนิยามของ การรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ที่ผู้วิจัยได้เลือกกำหนดไว้ในการทำวิจัยนี้ ซึ่งได้กำหนดไว้ดังนี้

การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) หมายถึง

- 1) มีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์
- 2) มีความรู้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 3) มีความตระหนักต่อผลกระทบทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อตนเองและสังคม

ให้ผู้ตอบแบบสอบถามตอบว่านักเรียนที่จะจบชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรที่จะมีความรู้วิทยาศาสตร์อะไรบ้างในขอบเขต ทั้ง 3 หัวข้อ โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามตอบว่าเหมาะสม หรือไม่เหมาะสมโดยทำเครื่องหมายกากบาทลงในตารางที่ท่านเห็นด้วยเช่น ถ้าท่านเห็นด้วยในเรื่องใด ท่านก็ใส่เครื่องหมายกากบาทลงในช่องที่ท่านเห็นด้วย หรือถ้าท่านไม่เห็นด้วยกับเรื่องนั้นก็ทำเครื่องหมายกากบาทลงในช่องที่ท่านไม่เห็นด้วยตลอดจนให้ข้อเสนอแนะว่าควรจะมีอะไรเพิ่มเติมอะไรอีกบ้างจากสิ่งที่กำหนดไว้ให้แล้ว ถ้าช่องที่กำหนดให้ไม่เพียงพอที่ผู้ตอบต้องการตอบให้เพิ่มเติมในด้านหลังของแบบสอบถามได้

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

หมายเหตุ*

1. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific process)

เป็นกระบวนการในการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

- การตั้งคำถามหรือการกำหนดปัญหา
- การสร้างสมมุติฐาน
- การออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
- การวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูล
- การลงข้อสรุปและการสื่อสาร

2. จิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind / scientific attitudes)

ประกอบด้วยคุณลักษณะต่างๆทั้งด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

2.1 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด
ความใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมี
เหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

2.2 เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย
พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ศรัทธาและซาบซึ้งใน
ผลงานวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ตระหนักในคุณค่าและโทษของการใช้เทคโนโลยี เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทาง
วิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน เลือกใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
ตั้งใจเรียนวิทยาศาสตร์ ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม ใช้ความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

1) มีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์

สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

เนื้อหา	เหมาะสม ม	ไม่ เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. เข้าใจหน่วยพื้นฐานของ สิ่งมีชีวิต			
2. โครงสร้างของสิ่งมีชีวิต			
3. ระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต			
4. การถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม			
5. วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต			
6. ความหลากหลายทางชีวภาพ			
7. เทคโนโลยีชีวภาพ			

.....

.....

.....

ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่ เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อม กับสิ่งมีชีวิต			
2. ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ			
3. ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

สารและสมบัติของสาร

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่ เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. สมบัติของสาร			
2. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของ สารกับโครงสร้าง			
3. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค			
4. การเปลี่ยนสถานะของสาร			
5. การเกิดสารละลาย			
6. การเกิดปฏิกิริยาเคมี			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

แรงและการเคลื่อนที่

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่ เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. แรงแม่เหล็กไฟฟ้า			
2. แรงโน้มถ่วง			
3. แรงนิวเคลียร์			
4. การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุ ในธรรมชาติ			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

พลังงาน

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่ เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับการดำรงชีวิต			
2. การเปลี่ยนรูปพลังงาน			
3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน			
4. ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและ สิ่งแวดล้อม			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก 2. กระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อ - การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ - ภูมิประเทศ - สัตว์ฐานของโลก			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ดาราศาสตร์และอวกาศ

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. ระบบสุริยะ 2. กาแล็กซี 3. ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก 4. ความสำคัญเทคโนโลยีอวกาศในด้าน - สำรวจอวกาศ - สำรวจทรัพยากรธรรมชาติ - ด้านการเกษตร - การสื่อสาร			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

2) มีความรู้ในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ *

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่ เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. มีความรู้และความเข้าใจใน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์			
2. มีจิตวิทยาศาสตร์			
3. สามารถใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาที่ เกิดขึ้น			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

3. มีความตระหนักต่อผลกระทบทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อตนเองและสังคม

เนื้อหา	เหมาะสม	ไม่ เหมาะสม	ข้อเสนอแนะ
1. เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน			
2. สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไป ใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม			
3. ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยมี การคำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้น			

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

APPENDIX 4
SECOND ROUND QUESTIONNAIRES

SECON ROUND QUESTIONARIES

แบบสอบถามรอบที่ 2

แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย

2. ชื่อ.....นามสกุล.....

คำชี้แจง

ตามที่ท่านได้ตอบแบบสอบถามฉบับที่ 1 เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม. 3 ควรรู้ไปแล้วนั้น ข้าพเจ้าขอขอบคุณท่านเป็นอย่างสูง และข้าพเจ้าได้จัดทำแบบสอบถามฉบับที่ 2 ซึ่งเป็นไปตามข้อสรุปที่ได้จากความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ตอบแบบสอบถาม ฉบับที่ 1 ได้หัวข้อเรื่องทั้งหมด 37 หัวข้อ ลักษณะของแบบสอบถามฉบับที่ 2 จะเป็นแบบให้ท่านลงความคิดเห็นในแต่ละหัวข้อโดยลงความเห็นแบบ 5 ระดับ ให้ผู้ตอบแบบสอบถามทำเครื่องหมายกากบาท ในช่องต่างๆ ตามที่ท่านเห็นด้วยโดยที่

5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่งกับหัวข้อดังกล่าว
4	หมายถึง	เห็นด้วยกับหัวข้อดังกล่าว
3	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยกับหัวข้อดังกล่าว
1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่งกับหัวข้อดังกล่าว

ให้ท่านตอบแบบสอบถามฉบับที่ 2 นี้แล้วส่งกลับไปให้ผู้วิจัยตามที่อยู่ที่แนบมานี้ เพื่อให้ผู้วิจัยจะได้ทำการวิเคราะห์และจัดทำเป็นแบบสอบถามฉบับที่ 3 ต่อไป

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้

TABLE 18 SECOND ROUND QUESTIONNAIRES

วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม.3 ควรรู้	5	4	3	2	1
1 หน่วย โครงสร้างพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต นักเรียนควรรู้ว่าเซลล์เป็นหน่วยโครงสร้างพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต รู้จักโครงสร้างของเซลล์พืช เซลล์สัตว์ และบอกความแตกต่างของโครงสร้างทั้งสองได้ 2 ระบบต่างๆของสิ่งมีชีวิต นักเรียนควรรู้เกี่ยวกับการทำงานของระบบต่างๆของร่างกายของคนและสัตว์ ซึ่งได้แก่ ระบบหายใจ ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบขับถ่าย และระบบสืบพันธุ์เป็นต้น 3 การสร้างอาหารของพืช นักเรียนควรรู้ว่าแสงอาทิตย์มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ทำให้ได้สารอาหารและแก๊สออกซิเจนซึ่งเป็นแก๊สที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของคนและสัตว์ และเห็นความสำคัญของพืช 4 สารเสพติดกับการทำงานของระบบต่างๆ นักเรียนควรรู้ว่าสารเสพติดมีอันตรายต่อระบบต่างๆของร่างกายมนุษย์ และหลีกเลี่ยงจากสารเสพติดต่างๆเหล่านั้น 5 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม นักเรียนควรรู้เกี่ยวกับลักษณะ จำนวน และหน้าที่การทำงานของโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ยีนซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะต่างๆของสิ่งมีชีวิต สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ และสามารถนำความรู้เกี่ยวกับพันธุกรรมไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน 6 โรคทางพันธุกรรม นักเรียนควรรู้จักโรคทางพันธุกรรมต่างๆที่สามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้และทราบแนวทางการป้องกันเกี่ยวกับโรคทาง					

Appendix 18 (Continued)

วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม.3 ควรรู้	5	4	3	2	1
7 วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต นักเรียนควรทราบว่าสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษของสิ่งมีชีวิตในอดีต					
8 สารอาหารกับการดำรงชีวิต นักเรียนควรจะรู้จักสารอาหารที่ให้พลังงานและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกลือแร่ และวิตามินเป็นต้น และรู้จักเลือกรับประทานอาหารให้ครบทุกหมู่และเพียงพอต่อการเจริญเติบโตที่เหมาะสมกับ เพศและวัยของตนเอง และรู้ว่าการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอทำให้ร่างกายแข็งแรงและปราศจากโรค					
9 ความหลากหลายทางชีวภาพ นักเรียนควรรู้ว่าสิ่งมีชีวิตรอบตัวแต่ละชนิดมีความหลากหลายทั้งในด้านชนิด และพันธุกรรม ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ					
10 เทคโนโลยีชีวภาพ นักเรียนควรรู้ว่าความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการขยายพันธุ์และปรับปรุงพันธุ์ของพืชและของสัตว์ เช่น การทำ จีเอ็มโอ การทำโคลนนิ่ง และสามารถวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีชีวภาพทางด้านต่างๆ เช่น ด้านการเกษตร อุตสาหกรรม อาหาร และทางการแพทย์					
11 การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ นักเรียนควรรู้เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติแต่ละประเภท และความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติแต่ละประเภทนั้น เพื่อสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และการหาแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่นของตนเอง					
12 ปัญหาของทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น นักเรียนควรสามารถวิเคราะห์สภาพและปัญหาทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นที่ตนเองอาศัยอยู่ ตลอดจนหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไข					

TABLE 18 (Continued)

วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม.3 ควรรู้	5	4	3	2	1
13 การใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย นักเรียนควรรู้จักการบำบัดน้ำเสียโดยใช้บึงน้ำประดิษฐ์ หรือพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์เพื่อเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เลียนแบบกลไกการบำบัดของเสียตามธรรมชาติ โดยอาศัย พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ในการบำบัดสารปนเปื้อนในน้ำ					
14 สมบัติของสารและการจำแนกสาร นักเรียนควรรู้ว่าสารที่พบในชีวิตประจำวันนั้นมีสมบัติคล้ายกันและแตกต่างกัน สามารถใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสารได้ว่าสารใดเป็นสารเนื้อเดียว สารเนื้อผสม สารแขวนลอย คอลลอยด์ ตลอดจนสามารถแยกสารออกจากกันได้โดยการกรอง การตกผลึก การระเหยแห้ง และ การสกัดเป็นต้น					
15 ธาตุกัมมันตรังสี นักเรียนควรจะรู้จักเกี่ยวกับธาตุกัมมันตรังสี การนำธาตุหรือสารประกอบกัมมันตรังสีไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ทางด้าน พลังงาน การแพทย์ เกษตรกรรม และทราบถึงอันตรายจากธาตุกัมมันตรังสี ตลอดจนสัญลักษณ์ที่แสดงว่าเป็นสารกัมมันตรังสี และหลีกเลี่ยงอันตรายที่เกิดขึ้น					
16 การเปลี่ยนสถานะของสาร นักเรียนควรจะรู้เกี่ยว สถานะของสารได้แก่ของแข็ง ของเหลว และ แก๊ส สามารถใช้แบบจำลองการจัดเรียงอนุภาคในการอธิบายการจัดเรียงอนุภาคของสารในสถานะต่างๆได้ การนำความรู้เกี่ยวกับสถานะและสมบัติของสารไปใช้ในชีวิตประจำวัน แต่ถ้าใช้ไม่เหมาะสมก็อาจทำให้เกิดอันตรายได้					
17 การเกิดสารละลาย นักเรียนควรจะทราบว่า การเปลี่ยนแปลงใดบ้างที่เป็นการเกิดสารละลาย สารละลายประกอบด้วยตัวทำละลายและตัวถูกละลาย และบอกได้ว่าในชีวิตประจำวันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงใดบ้างที่เป็น การเกิดสารละลาย และมีประโยชน์หรือโทษอย่างไร					

TABLE 18 (Continued)

วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม.3 ควรรู้	5	4	3	2	1
18 สมบัติความเป็นกรด และเบส นักเรียนควรจะรู้จักและเลือกใช้สารที่มีสมบัติเป็นกรด หรือ เบส ในชีวิตประจำวัน และทราบถึงอันตราย ตลอดจนตระหนักถึงผลกระทบของการใช้กรด และเบส ต่อสิ่งแวดล้อม และแนวทางการป้องกันหรือลดปัญหาดังกล่าว					
19 การเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนควรทราบว่า การเกิดปฏิกิริยาเคมีมีทั้งทำให้เกิดประโยชน์ และทำให้เกิดโทษ ความรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีสามารถ นำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ถ้าใช้ไม่เหมาะสมหรือไม่ระมัดระวัง อาจทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ เช่นการระเบิดของหลอดไฟ					
20 สารเคมีในชีวิตประจำวัน นักเรียนควรรู้ว่ามีการนำสารเคมีไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้เป็นสารกำจัดแมลง ใช้ทำปุ๋ย ยารักษาโรค และอาหาร และควรใช้ สารเคมีอย่างถูกต้องและปลอดภัย มีความตระหนักในคุณค่า และโทษที่เกิดจากการใช้สารเคมีทั้งต่อตนเอง ต่อผู้อื่น ตลอดจนสิ่งแวดล้อม					
21 การเคลื่อนที่ นักเรียนควรรู้ว่าแรงทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงลักษณะการเคลื่อนที่ แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ตลอดจนผลของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุมีความเร่งในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ และการนำความรู้เกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนคำนึงถึง ความปลอดภัยต่างๆเกี่ยวกับการเคลื่อนที่					

TABLE 18 (Continued)

วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม.3 ควรรู้	5	4	3	2	1
22 แรงโน้มถ่วงของโลก นักเรียนควรจะรู้ว่าแรงดึงดูดที่โลกกระทำต่อวัตถุขึ้นอยู่กับมวลและตำแหน่งของวัตถุ น้ำหนักของวัตถุคือแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อมวลของวัตถุ					
23 แรงเสียดทาน นักเรียนควรทราบเกี่ยวกับแรงเสียดทานและนำความรู้เกี่ยวกับการเพิ่มหรือลดแรงเสียดทานไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน					
24 โมเมนต์ของแรง นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับโมเมนต์ของแรงในสถานการณ์ต่างๆ และนำหลักการเกี่ยวกับโมเมนต์ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน					
25 ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงาน นักเรียนควรจะรู้ความหมายของงาน พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานจลน์ การอนุรักษ์พลังงานและการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน					
26 พลังงานไฟฟ้า นักเรียนควรจะรู้ความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และการคำนวณที่เกี่ยวข้อง และสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในบ้าน ตลอดจนรู้จักวงจรของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดภายในบ้าน สามารถตัดสินใจในการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง ประหยัดและปลอดภัย					
27 พลังงานความร้อน นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับ การถ่ายโอนพลังงานความร้อน ได้แก่ การนำ การพา และการแผ่รังสี การคายความร้อนของวัตถุต่างๆ ผลของความร้อนต่อการขยายตัวของวัตถุต่างๆ					

TABLE 18 (Continued)

วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม.3 ควรรู้	5	4	3	2	1
28 แสงกับการมองเห็น นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหของแสง การเกิดภาพจากกระจกเงาและเลนส์ แสงกับการมองเห็นของมนุษย์ ผลของแสงต่อสิ่งมีชีวิต ตลอดจนทราบเกี่ยวกับการนำหลักการของแสงไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแสง					
29 ผลของการใช้พลังงานต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม นักเรียนควรทราบเกี่ยวกับการนำความร้อน การดูดกลืนและคายความร้อน และการขยายตัวของวัตถุ การใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และเห็นคุณค่าของพลังงานและใช้พลังงานอย่างถูกต้องและประหยัด					
30 การเปลี่ยนแปลงของแผ่นเปลือกโลก นักเรียนควรจะทราบถึงแผ่นเปลือกโลก และผลของการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก เช่น การเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด การเกิดคลื่นสึนามิ รู้ถึงอันตรายตลอดจนการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงอันตรายที่จะเกิดขึ้น					
31 ทรัพยากรธรณีในท้องถิ่น นักเรียนควรจะทราบว่าในท้องถิ่นของตนเองมีทรัพยากรธรณีอะไรบ้าง และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ ตลอดจนการอนุรักษ์ทรัพยากรธรณีในท้องถิ่นของตนเอง					
32 ดินและการใช้ประโยชน์ นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับชนิดของดิน และการแบ่งชั้นของดิน และองค์ประกอบของดินในท้องถิ่นของตนเองตลอดจนการปรับปรุง ดินเพื่อให้เหมาะสมกับการปลูกพืชแต่ละชนิด					
33 หินและการใช้ประโยชน์ นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับการเกิดของหินแต่ละชนิดและการนำหินและแร่แต่ละชนิดในท้องถิ่นไปใช้ประโยชน์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม					

TABLE 18 (Continued)

วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนชั้น ม.3 ควรรู้	5	4	3	2	1
34 อากาศ และน้ำ นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ชั้นของบรรยากาศ การเกิดเมฆ การเกิดฝน การพยากรณ์อากาศ การใช้น้ำในชีวิตประจำวัน ตลอดจนข้อดีและข้อเสียของการสร้างเขื่อน ประโยชน์และโทษถ้าหากมีปริมาณน้ำฝนมากหรือน้อยเกินไป					
35 ระบบสุริยะและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับ กาแล็กซี และเอกภพ ระบบสุริยะ และการเปลี่ยนแปลง ภายในระบบสุริยะ ดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตบนโลก					
36 ดาวและกลุ่มดาว นักเรียนควรรู้ตำแหน่งของกลุ่มดาวต่างๆ ในท้องฟ้าและการนำความรู้เกี่ยวกับตำแหน่งของกลุ่มดาวไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน					
37 ความก้าวหน้าเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและการนำมาใช้ประโยชน์ นักเรียนควรจะทราบเกี่ยวกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอวกาศ และการนำมาใช้ประโยชน์ในด้าน การสื่อสาร การเกษตร การพยากรณ์อากาศ และการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น					

APPENDIX 5
SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS

TABLE 19 INDEX ITEM - OBJECTIVE CONGRUENCE (IOC)

NO	Expert evaluation score							Total score	IOC
	1	2	3	4	5	6	7		
1	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
2	1	1	1	0	0	1	1	5.0	0.71
3	1	1	0	0	0	1	1	4.0	0.57
4	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
5	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
6	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
7	0	1	1	1	1	1	1	6.0	0.85
8	0	1	1	0	0	1	1	4.0	0.57
9	1	0	1	1	1	1	1	6.0	0.85
10	0	1	1	1	1	1	1	6.0	0.85
11	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
12	0	1	1	0	0	1	1	4.0	0.57
13	1	1	0	1	0	1	1	5.0	0.71
14	0	1	1	1	1	1	1	6.0	0.85
15	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
16	1	1	0	1	1	1	1	6.0	0.85
17	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
18	1	1	0	0	1	1	1	5.0	0.71
19	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
20	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85

APPENDIX 19 (continued)

NO	Expert evaluation score							Total score	IOC
	1	2	3	4	5	6	7		
61	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
62	1	1	0	1	1	1	1	6.0	0.85
63	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
64	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
65	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
66	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
67	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
68	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
69	1	1	0	1	0	0	0	3.0	0.42
70	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
71	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
72	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
73	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
74	0	1	1	1	1	1	1	6.0	0.85
75	1	1	0	1	0	1	1	6.0	0.85
77	1	1	1	1	0	0	0	4.0	0.57
78	1	1	0	1	1	1	1	6.0	0.85
79	0	1	1	1	0	1	1	5.0	0.71
80	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85

APPENDIX 19 (continued)

NO	Expert evaluation score							Total score	IOC
	1	2	3	4	5	6	7		
81	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
82	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
83	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
84	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
85	1	1	0	1	1	1	1	6.0	0.85
86	1	1	1	1	1	1	1	7.0	1.00
87	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
88	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
89	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
90	0	1	1	1	1	1	1	6.0	0.85
91	1	1	0	1	0	1	1	5.0	0.71
92	0	1	1	1	1	1	1	6.0	0.85
93	1	0	1	1	0	0	1	4.0	0.57
94	1	1	0	1	1	1	1	6.0	0.85
95	1	1	1	1	0	0	1	5.0	0.70
96	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
97	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
98	1	1	1	1	0	1	1	6.0	0.85
99	1	1	1	0	1	1	1	6.0	0.85
100	1	1	0	0	1	0	1	5.0	0.71

**TABLE 20 DIFFICULTY AND DISCRIMINATION OF PART 1 SCIENTIFIC LITERACY TEST
ITEMS**

NO	p	r	Significant	status
1	0.64	0.50	✓	✓
2	0.79	0.47	✓	✓
3	0.70	0.31	✓	✓
4	0.40	0.42	✓	✓
5	0.77	0.42	✓	✓
6	0.17	0.10	x	x
7	0.35	0.44	✓	✓
8	0.10	0.15	x	x
9	0.43	0.39	✓	✓
10	0.61	0.47	✓	✓
11	0.36	0.25	✓	✓
12	0.60	0.78	✓	✓
13	0.30	0.42	✓	✓
14	0.77	0.53	✓	✓
15	0.61	0.44	✓	✓
16	0.47	0.47	✓	✓
17	0.24	0.42	✓	✓
18	0.30	0.47	✓	✓
19	0.25	0.23	x	x
20	0.70	0.56	✓	✓
21	0.67	0.64	✓	✓
22	0.77	0.44	✓	✓
23	0.70	0.75	✓	✓
24	.35	.18	x	x
25	0.74	0.61	✓	✓

TABLE 20 (Continued)

NO	p	r	Significant	status
26	0.38	0.53	✓	✓
27	0.55	0.53	✓	✓
28	0.58	0.42	✓	✓
29	0.74	0.61	✓	✓
30	0.25	0.15	x	x

Denote: SC = Scientific Content, SP= Scientific Process, AS = Awareness of Science

✓ = can be used

x = to be revised

**TABLE 21 ITEM - TEST CORRELATION AND GROUP – TEST OF PART 2 SCIENTIFIC
LITERACY TEST ITEMS**

NO	ITEM-TEST CORRELATION		Group-t Test	status
	r	t	t	
1	0.3845	4.4858*	3.0465*	✓
2	3.7788	4.3952*	3.6260*	✓
3	0.0848	0.9170	1.1748	✗
4	0.2387	2.6474*	2.3454*	✓
5	0.3488	4.0085*	4.0556*	✓
6	0.4307	5.1396*	4.1643*	✓
7	0.3001	3.3889*	3.0782*	✓
8	0.2000	2.1985*	2.4980*	✓
9	0.2851	3.2033*	2.3259*	✓
10	0.3015	3.4062*	2.0578*	✓
11	0.2627	2.9327*	3.1939*	✓
12	-0.0368	-1.1061	-0.7522	✗
13	0.5720	7.5104*	5.8313*	✓
14	0.3347	3.8259*	3.4565*	✓
15	0.4637	5.6371*	3.6857*	✓
16	0.3415	3.9130*	2.8837*	✓
17	0.3085	3.4927*	2.1232*	✓
18	0.3593	4.1470*	2.9800*	✓
19	0.4128	4.8816*	3.9279*	✓
20	0.3566	4.1115*	3.6794*	✓
21	0.2946	3.32.04*	2.1913*	✓
22	0.0620	1.8669*	1.5281	✗
23	0.4042	4.7596*	3.8468*	✓
24	0.3958	4.6416*	3.7565*	✓
25	0.3954	4.6360*	3.3506*	✓

TABLE 21 (continued)

NO	ITEM-TESTCORRELATION		Group-t Test	status
	r	t	t	
26	0.1199	1.3004	1.5132	✗
27	.4934	6.1090*	4.1892*	✓
28	-0.0826	-2.4898	-1.6878	✗
29	.4020	4.7000*	3.9716*	✓
30	0.2848	3.1994*	3.4602*	✓

Denote: SC = Scientific Content, SP= Scientific Process, AS = Awareness of Science

✓ = can be used

✗ = to be revised

* is significance

**TABLE 22 ITEM - TEST CORRELATION AND GROUP – TEST OF PART 3 SCIENTIFIC
LITERACY TEST ITEMS**

NO	ITEM-TESTCORRELATION		Group-t Test	status
	r	t	t	
1	0.3713	4.2136*	3.3848*	✓
2	0.3287	3.6667*	3.3899*	✓
3	0.5231	6.4670*	5.7903*	✓
4	0.2000	2.0492*	2.0836*	✓
5	1.0200	2.0040	2.0300	x
6	0.4103	4.7403*	3.5223*	✓
7	0.3427	3.8429*	2.7366*	✓
8	0.5497	6.9325*	5.1080*	✓
9	0.5315	6.6109*	5.7271*	✓
10	0.4238	4.9301*	3.6899*	✓
11	0.4998	6.0794*	4.3037*	✓
12	0.4160	4.8199*	3.3408*	✓
13	0.3327	3.7165*	3.1000*	✓
14	0.4254	4.9523*	2.6513*	✓
15	0.3784	4.3072*	2.6501*	✓
16	0.4601	5.4603*	3.4162*	✓
17	0.8500	2.0500	2.0100	x
18	0.4473	5.2696*	3.9206*	✓
19	0.4381	5.1345*	3.2928*	✓
20	0.5551	7.0310*	5.1531*	✓
21	0.4819	5.7948*	4.1009*	✓
22	0.3767	4.2847*	4.2694*	✓
23	0.5063	6.1863*	5.1659*	✓
24	0.3478	3.9087*	3.7798*	✓
25	0.4526	5.3470*	4.4810*	✓

TABLE 22 (Continue)

NO	ITEM-TESTCORRELATION		Group-t Test	Status
	r	t	t	
26	0.3688	4.1719*	3.0333*	✓
27	0.5811	7.5229*	5.4274*	✓
28	0.4213	4.8936*	3.7773*	✓
29	0.1800	3.0220	2.1000	✗
30	0.4947	5.9977*	4.2124*	✓

Denote: SC = Scientific Content, SP= Scientific Process, AS = Awareness of Science

✓ = can be used

✗ = to be revised

* is significance

APPENDIX 6
SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS

APPENDIX 6
SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS

SCIENTIFIC LITERACY TEST ITEMS

แบบทดสอบการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 3 ตอน

ตอนที่ 1 ชนิดเลือกตอบมี 25 ข้อ(ข้อ 1 - 25) ให้ใช้ดินสอดำ 2B ระบายคำตอบข้อที่ต้องการลงใน กระดาษคำตอบ

ตอนที่ 2 ชนิดถูกผิด มี 25 ข้อ(ข้อ 26 -50) ให้ใช้ดินสอดำ 2B ระบายคำตอบข้อที่ต้องการลงใน กระดาษคำตอบโดย

เลือก ข้อ ก เมื่อท่านเห็นว่าข้อความนั้นถูกต้อง

เลือกข้อ ข เมื่อท่านเห็นว่าข้อความนั้นผิด

และเลือกข้อ ค เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นถูกหรือผิด

ตอนที่ 3 ชนิดเติมคำตอบหรืออธิบายมี 18 ข้อ ให้ทำในข้อสอบ

2. กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบทดสอบ

ตอนที่ 1

เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวที่ท่านเห็นว่าถูกต้องแล้วทำเครื่องหมายกากบาท
ในกระดาษคำตอบ

.....

- 1 สาร ซีเอฟซี (CFCs, chlorofluorocarbon) เป็นสารที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น เช่น ตู้เย็น และเครื่องปรับอากาศ แต่ในปัจจุบันได้มีการรณรงค์ ให้เลิกใช้ สาร ซีเอฟซี และบางประเทศได้ออกกฎหมายให้เลิกใช้สารดังกล่าว ข้อใดเป็นเหตุผลที่ไม่ให้ใช้สารตัวนี้
 - ก เป็นแก๊สเฉื่อย
 - ข เป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์
 - ค เป็นตัวการทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจก
 - ง เป็นตัวทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

- 2 “ผักที่ผ่านการปรุงให้สุกจะมีสารอาหารไม่เหมือนกับผักสดๆ” จะต้องทำการพิสูจน์อย่างไร ว่าคำกล่าวดังกล่าวเป็นจริง
 - ก เปรียบเทียบสีก่อนปรุงและหลังปรุง
 - ข ทดสอบรสของผักก่อนปรุงและหลังปรุง
 - ค เปรียบเทียบปริมาณวิตามินของผักก่อนและหลังปรุง
 - ง เปรียบเทียบรูปร่างก่อนและหลังปรุง

- 3 ในการปีนเขาสูงๆ นักปีนเขาจะต้องพกถังแก๊สออกซิเจนไปด้วย ข้อใดคือสาเหตุที่นักปีนเขาต้องเตรียมออกซิเจนติดตัวไปในระหว่างการปีนเขาสูงๆ
 - ก บนภูเขาสูงไม่มีอากาศเลย
 - ข มีรูอากาศในชั้นบรรยากาศ
 - ค มีออกซิเจนน้อยเมื่อขึ้นไปอยู่ในที่สูงๆ
 - ง มีออกซิเจนไม่เพียงพอในการเตรียมอาหาร

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 4 -5

เมื่อหลายปีที่ผ่านมานักวิทยาศาสตร์ได้ประสบความสำเร็จในการทำโคลนนิ่งสัตว์ ดังที่เป็นข่าวดังไปทั่วโลก ในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เหล่านั้นนั้นเป็นไปด้วยความยากลำบากเนื่องจากเรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่ และการทำงานนั้นค่อนข้างที่จะสลับซับซ้อน เริ่มจากการที่นักวิทยาศาสตร์ได้นำไข่จำนวน 30 ฟองมาจากวัวตัวที่ 1 แล้วแยกเอานิวเคลียส ที่อยู่ในไข่แต่ละใบออกจนหมด ต่อจากนั้นนักวิทยาศาสตร์ได้นำembryo จากวัวตัวที่ 2 มา โดยที่embryo จะประกอบด้วยเซลล์จำนวน 30 เซลล์ ทำการแยกนิวเคลียส ของเซลล์ออก แล้วนำนิวเคลียสที่ได้นี้ใส่ไปในไข่ของวัวตัวแรกจนครบทั้งหมด 30 ฟอง จากนั้นจึงนำไข่แต่ละใบนี้ใส่กลับเข้าไปในมดลูกของวัวแต่ละตัวจนครบ 30 ตัว เมื่อเวลาผ่านไปจนครบกำหนดคลอด ได้ลูกวัวจำนวน 5 ตัว จากแม่วัว 5 ตัว ส่วนแม่วัวอีก 25 ตัวไม่เกิดการตั้งครรภ์หนึ่งในทีมนักวิทยาศาสตร์กลุ่มนี้กล่าวว่า วิธีนี้จะเป็นวิธีที่ช่วยในการขยายพันธุ์สัตว์ได้อย่างรวดเร็ว

- 4 ข้อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับลูกวัวที่ได้
 - ก เป็นเพศเดียวกัน
 - ข มีขนสีเดียวกัน
 - ค มียีนเดียวกัน
 - ง มีสีผิวต่างกัน

- 5 นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยมีสมมุติฐานว่าอย่างไร
 - ก สามารถกำหนดเพศได้
 - ข วัวทุกตัวมีเซลล์เดียวกัน
 - ค การโคลนนิ่งสามารถทำได้
 - ง สามารถกำหนดระยะเวลาในการขยายพันธุ์

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 6-7

เมล็ดของพืชบางชนิดจะงอกได้ดีเนื่องจากมีสารที่เป็นอาหารของมด ที่เรียกว่า elaiosome โดยมดจะขนเมล็ดพืชกลับไปยังรังของมัน แล้วกินส่วนที่เป็น elaiosome และทิ้งส่วนที่เป็นเมล็ดไปกับท่อระบายของเสียภายในรังมด ซึ่งจะมีบางเมล็ดเกิดการงอกและเจริญเติบโตได้ (เสมือนมดเป็นผู้ปลูก) นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับมวลของเมล็ด และปริมาณของสาร elaiosome ของพืช A และ B ได้ผลดังแสดง

พืช	มวล 1 เมล็ด (mg)	มวลของ elaiosome ต่อเมล็ด (mg)	ร้อยละโดยมวลของของ elaiosome
A	6.8	0.420	6.2
B	14.9	0.924	6.2

นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาการงอกและการอยู่รอดของพืช C โดยใช้เมล็ดจำนวน 2550 เมล็ดมาทำการเพาะเมล็ด (ใช้มือปลูก) และสังเกต การงอกและการเจริญเติบโต ขณะเดียวกันก็สังเกตดูการงอกและการเจริญเติบโตที่เกิดจากการที่มดขนไปและปล่อยทิ้งได้ผลดังตาราง

พืช C	ปลูกด้วยมือ	ปลูกด้วยมด
จำนวนเมล็ดที่งอก	26	39
จำนวนที่มีชีวิตเมื่อผ่านไป 1 ปี	9	20
จำนวนที่มีชีวิตเมื่อผ่านไป 2 ปี	4	13
จำนวนเมล็ดที่ได้หลังจากผ่านไป 2 ปี	2187	2163

- 6 ถ้าเปรียบเทียบการปลูกแบบใช้มือปลูกกับการปลูกโดยมดเป็นผู้ปลูกนั้นจะสรุปผลได้ว่าอย่างไร
- จำนวนการงอกเพิ่มขึ้น
 - เพิ่มปริมาณของเมล็ดต่อพืชแต่ละชนิด
 - เมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี อัตราการอยู่รอดของพืช ลดลง
 - การอยู่รอดของ ทั้งสองวิธีไม่มีผลแตกต่างกัน

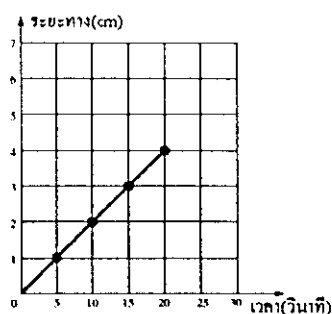
- 7 ข้อใดต่อไปนี้สรุปถูกต้องเกี่ยวกับ พืช ชนิด A และ B
- ก มวลของเมล็ดเท่ากัน
 - ข การงอกของเมล็ดพืช ที่เกิดจากมดเท่ากัน
 - ค ร้อยละโดยมวลของ elaiosome ในเมล็ดพืชเท่ากัน
 - ง อัตราการให้เมล็ดมีค่าเท่ากันได้
- 8 ปัจจุบันนี้มีการหาพลังงานทดแทนต่างๆมาใช้แทนพลังงานจากน้ำมัน พลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่มนุษย์ให้ความสนใจก็คือพลังงาน ปรมาณู โดยที่พลังงานปรมาณู สามารถเตรียมได้ทั้งปฏิกิริยาฟิชชัน และปฏิกิริยาฟิวชัน แต่ปฏิกิริยาฟิวชันนั้นยังไม่มีนำมาใช้ในเครื่องกำเนิดพลังงานปรมาณู เพราะเหตุใด
- ก มนุษย์ยังไม่ทราบหลักการพื้นฐานของการเกิดปฏิกิริยาฟิวชัน
 - ข เทคโนโลยีในการใช้ปฏิกิริยาฟิวชันอย่างปลอดภัยยังพัฒนาไปไม่ถึง
 - ค วัตถุดิบในการใช้ผลิตปฏิกิริยาฟิวชันยังมีไม่เพียงพอ
 - ง ขอบเสียจากขบวนการผลิตปฏิกิริยาฟิวชันนั้นเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม
- 9 ในการทดลองเผาไหม้ของสารชนิดหนึ่ง และเก็บแก๊สที่ได้ไว้แล้วผ่านแก๊สดังกล่าวลงในน้ำปูนใส สังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผลในสมุดบันทึกซึ่งมีข้อความตอนหนึ่งว่า “หลังจากผ่านแก๊สลงไป น้ำปูนใสค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีขาวขุ่น” ข้อความที่บันทึกไว้นี้เป็น
- ก การตั้งข้อสังเกต
 - ข การตั้งสมมติฐาน
 - ค การวิเคราะห์ผลการทดลอง
 - ง การสรุปผลการทดลอง
- 10 ข้อใดอธิบายได้ดีที่สุดเกี่ยวกับพื้นผิวโลกในระยะที่ผ่านมาเป็นเวลากว่าพันล้านปี *
- ก ภูเขาค่อยๆ สึกกร่อนทีละน้อยในขณะที่มีภูเขาใหม่ๆก็เกิดขึ้นมาเรื่อยๆ
 - ข ภูเขาสูงค่อยๆ สึกกร่อนทีละน้อยจนกระทั่งพื้นผิวโลกส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับน้ำทะเล
 - ค ภูเขาสูงและพื้นที่ราบมีอยู่คู่กันเช่นนี้มาหลายพันล้านปีโดยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย
 - ง พื้นที่ราบถูกดันให้สูงขึ้นทีละน้อยๆ เป็นภูเขาสูงขึ้นจนกระทั่งโลกถูกปกคลุม ด้วยภูเขาเป็น จำนวนมาก

(* ดัดแปลงจากแบบทดสอบของ TIMSS)

- 11 กราฟแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของมดตามแนวเส้นตรง ถ้ามดยังคงเคลื่อนที่ต่อไปในอัตราเร็วเท่าเดิม มดจะเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางเท่าใด เมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาที cm

(*ดัดแปลงจากข้อสอบ TIMSS)

- ก 5 cm
- ข 6 cm
- ค 20 cm
- ง 30 cm



- 12 ขวดผักตบชวที่มีฝาโลหะปิดแน่น อาจทำให้เปิดได้ง่ายโดย จุ่มลงในน้ำร้อน ที่เป็นเช่นนั้น เพราะน้ำร้อนทำให้
- ก ขวดแก้วหดตัว
 - ข ฝาโลหะหดตัว
 - ค ขวดแก้วขยายตัวมากกว่าฝาโลหะ
 - ง ฝาโลหะขยายตัวมากกว่าขวดแก้ว
- 13 ข้อใดต่อไปนี้เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า
- ก ถ่านไฟฉาย
 - ข แบตเตอรี่
 - ค โฟโตเซลล์
 - ง เทอร์โมคัปเบิล
- 14 ข้อใดเป็นตัวอย่างของการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- ก ไฟป่าลุกไหม้
 - ข น้ำแข็งหลอมเหลวเป็นน้ำ
 - ค น้ำในแก้วน้ำระเหยกลายเป็นไอ
 - ง การบดน้ำตาลก้อนให้เป็นผงป่น

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถาม ข้อ 15 – 18

ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ธาตุแคลเซียม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างฝัก และการติดเมล็ดของถั่วลิสง เกษตรกรสามารถแก้ปัญหาของดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์นี้โดยใช้สารที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบได้แก่ ยิปซัม($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ปูนขาว($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ปูนมาร์ล(CaCO_3) และปูนโดโลไมท์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) เพื่อเพิ่มธาตุแคลเซียมในดิน แต่ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่า แหล่งของแคลเซียมชนิดใดเหมาะสมต่อการผลิตถั่วลิสงในบริเวณดังกล่าว แต่จากการศึกษาของนางสาวโสภิตา คำหาญ (2546) เพื่อศึกษาว่า สารทั้งสี่ ได้แก่ ยิปซัม ปูนขาว ปูนมาร์ล และปูนโดโลไมท์ ชนิดใดที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงดินสำหรับปลูกถั่วลิสงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เนื่องจากว่าดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือดังกล่าวมีค่าความเป็นกรด-เบส แตกต่างกัน แต่ค่า pH ที่เหมาะกับการปลูกถั่วลิสงจะอยู่ในช่วง pH 5.5 – 8.5 ซึ่งเป็นช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการดูดแคลเซียมไปใช้ โดยที่ปริมาณแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการปลูกถั่วลิสง มีค่าในช่วง 120 – 320 ppm

มีรายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับการใช้แคลเซียมจากแหล่งต่างๆของ 4 ชนิดคือ ยิปซัม ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ และปูนมาร์ลได้ผลดังแสดงในตาราง ก.

ตาราง ก* แหล่งแคลเซียมต่อการเพิ่มระดับ pH และปริมาณของแคลเซียมในดิน ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีปริมาณแคลเซียมในดินต่ำ-สูง

แหล่ง แคลเซียม	ปริมาณแคลเซียมในดินต่ำ				ปริมาณแคลเซียมในดินสูง			
	pH		Ca (ppm)		pH		Ca (ppm)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ยิปซัม	5	5.3	103	117	5.2	4.9	389	279
ปูนขาว	5	6	103	123	5.2	5	389	368
ปูนโดโลไมท์	5	6	103	160	5.2	5	389	451
ปูนมาร์ล	5	6.5	103	315	5.2	5.1	389	337

* จากรายงานการวิจัยของ นางสาวโสภิตา คำหาญ (2546) แหล่งแคลเซียมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถั่วลิสงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดัดแปลงจาก : ศรีสุตาและคณะ (2536); จำลองและบุญเกื้อ (1997)

นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนการผลิต ผลผลิตที่ได้ได้ผลดังแสดงในตาราง ข

ตาราง ข** อิทธิพลของแหล่งแคลเซียม และอัตราการใช้ ต่อการให้ผลผลิตถั่วลิสง

แหล่ง แคลเซียม	อัตรา	ต้นทุน การผลิต	ต้นทุน สัมพัทธ์ ^x	ผลผลิตฝัก	เมล็ด กะเทาะ	น้ำหนัก 100 เมล็ด
	(กิโลกรัม/ไร่)	(บาท/ไร่)		(กิโลกรัม/ไร่)	(%)	(กรัม)
ยิปซัม	50	150	183	197	68	41
ปูนขาว	100	180	180	241	68	44
ปูนมาร์ล	400	200	241	200	70	54
ปูนโดโลไมท์	100	110	304	87	44	40

^x ต้นทุนการผลิตต่อไร่ (บาท/ไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนการใช้ปูนขาวกับผลผลิตที่ได้ 241 กิโลกรัมต่อไร่

** จากรายงานการวิจัยของ นางสาวโสภิตา คำหาญ (2546) แหล่งแคลเซียมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถั่วลิสงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดัดแปลงจาก : ทักษิณา (2537); ศรีสุตา (2536); จำลอง และบุญเกื้อ, 1997

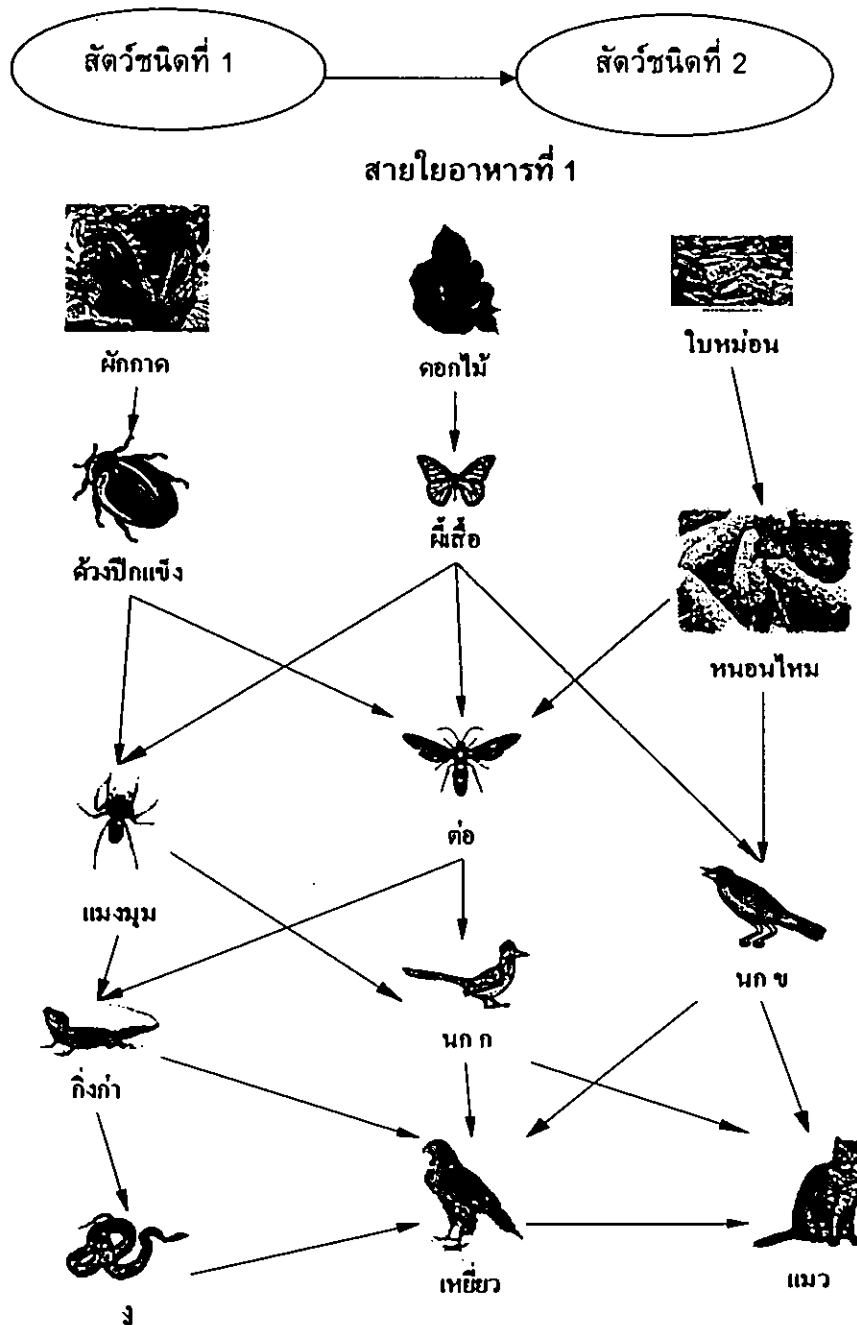
15 เนื่องจากดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่มีคุณภาพต่ำ ถ้าต้องการปลูกถั่วลิสงจึงต้องทำการปรับปรุงดิน ข้อใดต่อไปนี้สรุปผลได้ถูกต้องเกี่ยวกับการปรับปรุงดิน

- ก ยิปซัม มีผลต่อการปรับ pH น้อยมาก
- ข ปูนขาวและปูนโดโลไมท์ เท่านั้นที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงดินสำหรับปลูกถั่วลิสง
- ค ยิปซัม ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ และปูนมาร์ล มีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคลเซียมในดินทุกชนิด
- ง ยิปซัม ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ และปูนมาร์ล มีผลต่อการปรับ pH ในดินให้เหมาะสมสำหรับปลูกถั่วลิสง

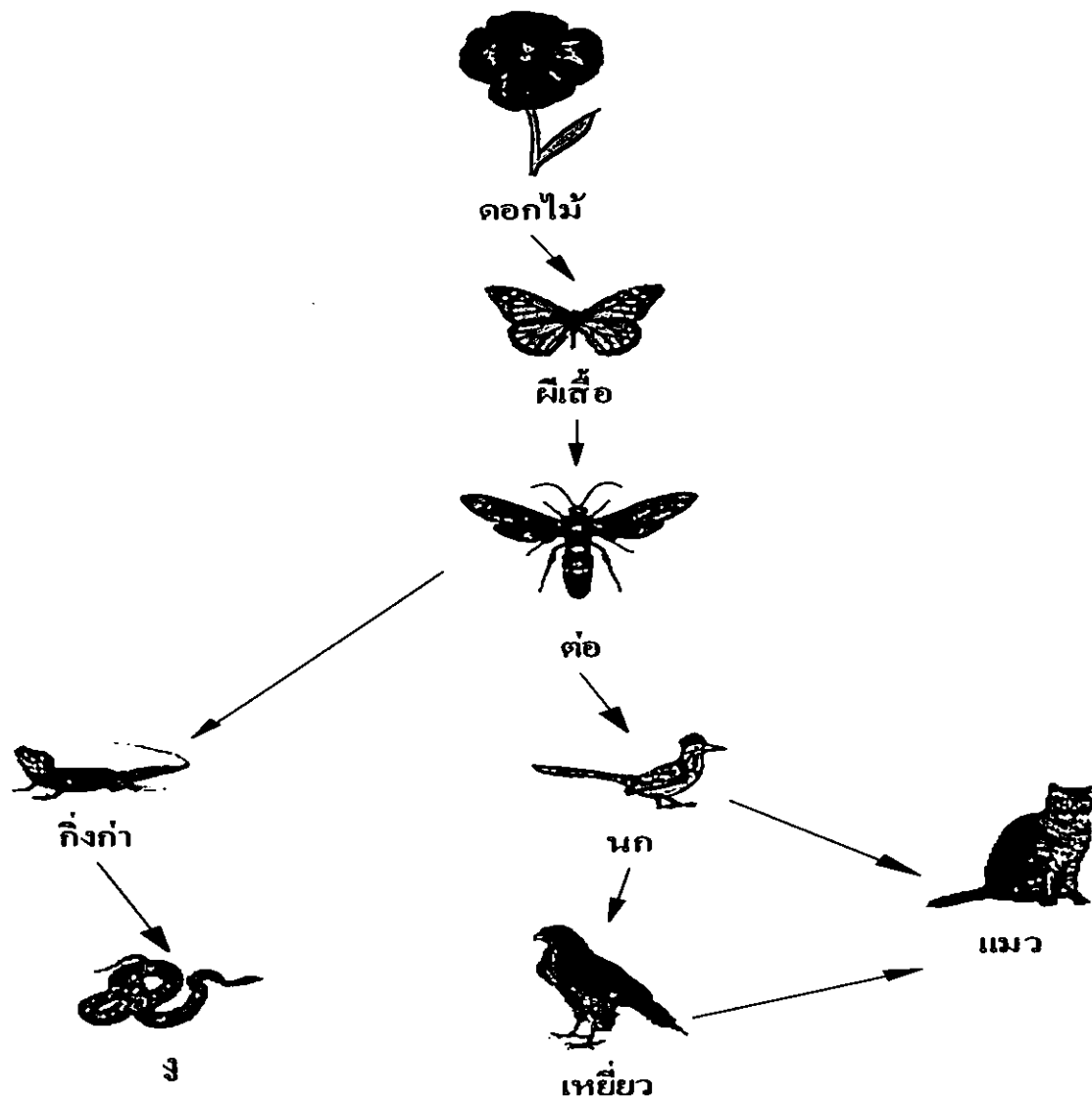
- 16 เกษตรกรควรเลือกใช้สารใดในการปรับปรุงดินเพื่อปลูกถั่วลิสงโดยที่มีต้นทุนการผลิตต่ำ และให้ผลผลิตสูง
- ก ยิบซัม
 - ข ปูนขาว
 - ค ปูนโดโลไมท์
 - ง ปูนมาร์ล
- 17 ถ้า ยิบซัม ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ และปูนมาร์ล ต่างก็มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ การที่ต้นถั่วลิสงสามารถนำแคลเซียมไปใช้ประโยชน์ได้นั้นต้องอยู่ในรูปใด
- ก Ca
 - ข Ca^{2+}
 - ค Ca^{3+}
 - ง Ca^{4+}
- 18 ในการใช้สารเพื่อเป็นการปรับปรุงดินและเพิ่มแคลเซียมในดินเพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิตถั่วลิสง ข้อใดต่อไปนี้เป็นการใช้สารที่ถูกต้อง
- ก ใช้มือหยิบและโรยสารลงบนดินรอบๆ ต้นพืช
 - ข ใส่ถุงมือยางและผ้าปิดจมูกก่อนสัมผัสสาร
 - ค ใส่ถุงมือยางแต่ไม่จำเป็นต้องมีผ้าปิดจมูกขณะสัมผัสสาร
 - ง ใช้มือหยิบจับอาหารเข้าปากระหว่างการเติมสารลงในดิน

คำชี้แจง ใช้ข้อความต่อไปนี้ตอบคำถาม ข้อ 19- 22

สายใยอาหาร (Food web) หมายถึง การถ่ายทอดพลังงานเคมีในรูปอาหารระหว่างสิ่งมีชีวิตหลายๆ ชนิด ทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานที่ซับซ้อน สายใยอาหารจะมีทั้งที่สลับซับซ้อนและไม่สลับซับซ้อน ในภาพที่ 1 จะเป็นภาพแสดงสายใยอาหารที่มีความสลับซับซ้อน ส่วน ภาพที่ 2 นั้นเป็นสายใยอาหารที่ไม่สลับซับซ้อน เครื่องหมายลูกศรจะแสดงการกินกันของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด เช่น ถ้า มีเครื่องหมายโยงถึงภาพ หมายความว่าสัตว์ชนิดที่ 2 จะกินสัตว์ชนิดที่ 1 เป็นอาหาร



สายใยอาหารที่ 2



19 ตามภาพสายใยอาหารที่ 1 มีสัตว์ที่กินสัตว์ชนิดอื่นเป็นอาหารโดยตรงได้ถึง 3 ชนิด
สัตว์ ดังกล่าวคือ

- ก แมว และ ต่อ
- ข แมว และ กา
- ค ต่อ และ แมงมุม
- ง แมว และ กิ้งก่า

20 สายใยอาหารที่ 1 และสายใยอาหารที่ 2 เป็นสายใยอาหารที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ถ้าสมมุติว่ามีเชื้อในสายใยอาหารทั้งสองตายหมด ข้อใดต่อไปนี้อธิบายสิ่งที่จะเกิดขึ้นในระบบของในสายใยอาหาร

- ก จะมีผลอย่างมากในสายใยอาหารที่ 1 เนื่องจาก ต่อ กินผีเสื้อเป็นอาหารเพียงอย่างเดียว
- ข ไม่มีผลในสายใยอาหารที่ 1 เนื่องจาก ต่อ มีอาหารอย่างอื่นกินอย่างเพียงพอ
- ค จะมีผลอย่างมากในสายใยอาหารที่ 2 เนื่องจาก ต่อ ไม่มีอาหารกินและส่งผลต่อสัตว์ชนิดอื่นๆ
- ง ไม่มีผลในสายใยอาหารที่ 2 เนื่องจาก ต่อ มีอาหารกินและไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์อื่นๆ

21 ถัดต้นพืชและดอกไม้ต่าง ๆ ถูกทำลายไปหมด ข้อใดต่อไปนี้อธิบายสิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ดีที่สุด

- ก มีผีเสื้อให้เห็นมากขึ้น
- ข แมวยังมีอาหารกินอย่างเพียงพอ
- ค มีนกเพิ่มจำนวนประชากรมากขึ้น
- ง สัตว์ต่างๆจะตายหมดเพราะขาดอาหาร

22 ภาพลูกมะพร้าวกำลังตกสู่พื้นตำแหน่งใดที่มีแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อลูกมะพร้าว

- ก 1 2 และ 3
- ข 2 3 และ 4
- ค 1 2 และ 4
- ง 1 2 3 และ 4



23 อเล็กซานเดอร์เฟรมมิง สังเกตเห็นแบคทีเรีย

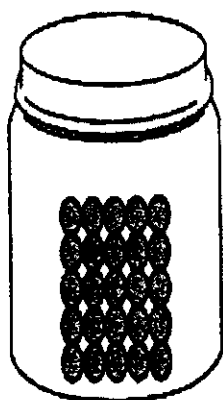
เจริญเติบโตได้ในสภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ แต่ไม่

เจริญเติบโตใกล้กับบริเวณที่มีเชื้อรา เขาจึงบันทึกสิ่งที่เขาสังเกตไว้ในสมุดบันทึกว่า “เชื้อราอาจผลิตสารที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้” ข้อความที่บันทึกนี้คือ

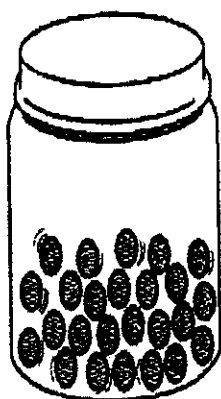
- ก การสังเกต
- ข การตั้งสมมุติฐาน
- ค การวิเคราะห์
- ง การสรุปผล

- 24 แต่ละภาพเป็นภาพโมเลกุลที่แสดงสถานะของสาร ภาพโมเลกุลในภาชนะที่ 2 จะแสดงสถานะใดของสาร

ภาพโมเลกุลในภาชนะที่ 1



ภาพโมเลกุลในภาชนะที่ 2



ภาพโมเลกุลในภาชนะที่ 3



- ก ของแข็ง
- ข ของเหลว
- ค แก๊ส
- ง พลาสมา

- 25 ขวด 2 ใบ ใบแรกมีน้ำส้มสายชูบรรจุอยู่เต็ม อีกใบหนึ่งมีน้ำอัดลมบรรจุอยู่เต็มขวด เช่นกัน เมื่อนำขวดทั้งสองใบนี้ไปตั้งกลางแดดเป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์ พบว่าระดับน้ำส้มสายชู และน้ำอัดลม ลดลง ข้อใดต่อไปนี้สรุปได้ถูกต้อง

- ก น้ำส้มสายชูระเหยได้เร็วกว่าน้ำอัดลม
- ข น้ำอัดลมระเหยได้เร็วกว่าน้ำส้มสายชู
- ค น้ำส้มสายชูและน้ำอัดลมระเหยได้
- ง การระเหยต้องใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์โดยตรง

ตอนที่ 2

ให้ท่านอ่านข้อความในแต่ละข้อว่าเป็นข้อความที่ถูกต้อง หรือ ผิด หรือไม่แน่ใจ โดยให้ใช้ดินสอ

2B ระบายลงในกระดาษคำตอบ

เลือก ข้อ ก เมื่อท่านเห็นด้วยว่าข้อความนั้นเป็นข้อความที่ถูกต้อง

เลือก ข้อ ข เมื่อท่านเห็นว่าข้อความนั้นเป็นข้อความที่ผิด

เลือก ข้อ ค เมื่อท่านไม่แน่ใจว่าข้อความนั้นเป็นข้อความที่ถูกต้อง หรือ ผิด

ข้อความ	ถูก (ก)	ผิด (ข)	ไม่แน่ใจ (ค)
26. บริเวณแกนกลางของโลกจะร้อนมาก			
27. สารกัมมันตรังสีทั้งหมดเป็นสิ่งที่มนุษย์ผลิตขึ้น*			
28. ออกซิเจนที่เราใช้ในการหายใจได้มาจากพืช			
29. ยีนของพ่อเท่านั้นที่เป็นตัวกำหนดเพศของบุตร			
30. อิเล็กตรอนมีขนาดเล็กกว่าอะตอม			
31. ยาปฏิชีวนะสามารถฆ่า ไวรัสได้เช่นเดียวกับแบคทีเรีย*			
32. สุริยุจ्वालเกิดจากการระเบิดครั้งใหญ่			
33. แผ่นทวีปที่เราอาศัยอยู่นี้มีการเคลื่อนที่มาหลายล้านปีแล้ว และยังคงมีการ เคลื่อนที่ต่อไปในอนาคต*			
34. สิ่งมีชีวิตที่พบในปัจจุบันมีวิวัฒนาการมาจากสิ่งมีชีวิตใน อดีต			
35. มีมนุษย์เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกับที่มีไดโนเสาร์อาศัยอยู่ บนโลกนี้			
36. ดวงอาทิตย์หมุนรอบโลก			
37. ดาวเหนือเป็นดาวที่ใช้บอกทิศได้ ในการหาตำแหน่งที่อยู่ของ ดาวเหนือ สามารถใช้กลุ่มดาวจระเข้ ตลอดจนถึงกลุ่มดาวค้างคาว เพื่อชี้ตำแหน่งที่อยู่ของดาวเหนือได้			
38. กิจกรรมของมนุษย์ทำให้ผิวดิน น้ำในมหาสมุทร ตลอดจน บรรยากาศรอบโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง			
39. นักวิทยาศาสตร์คิดหาเหตุผลและหาคำตอบเกี่ยวกับปรากฏ การณ์ต่างๆ*			
40. ระบบนิเวศไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อ สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป			
41. สิ่งมีชีวิตบนโลกนี้ต้องอาศัยพลังงานพื้นฐานจากดวง อาทิตย์			
42. น้ำมัน และถ่านหินใช้เวลาในการเกิดนับล้านๆปี			
43. ธาตุที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยการ หมุนเวียนซึ่งกันและกัน*			
44. อัตราการเปลี่ยนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จาก บรรยากาศมาอยู่ในรูปของถ่านหินและน้ำมันจะช้ากว่า การ เปลี่ยนกลับไปสู่ชั้นบรรยากาศโดยการเผาไหม้ ของ ถ่านหิน และน้ำมัน*			

ข้อความ	ถูก (ก)	ผิด (ข)	ไม่แน่ใจ (ค)
45. การตัดสินใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้นต้องอาศัยข้อมูลที่สมบูรณ์*			
46. แรงแม่เหล็กและแรงไฟฟ้าไม่มีความเกี่ยวข้องกัน			
47. พลังงานจากน้ำมันไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้			
48. วิศวกรสามารถที่จะทำการแก้ปัญหาได้ทุกเรื่อง			
49. ผลงานทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่ก่อให้เกิดโทษเลย			
50. นักวิทยาศาสตร์นอกจากมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้วยังเป็นผู้มีคุณธรรมและจริยธรรมด้วย*			

*ดัดแปลงจากข้อสอบของ Laugkaxh, R. C. & Spargo, P.E. (1996)

ตอนที่ 3

ให้เติมข้อความหรือเขียนคำอธิบายลงในช่องว่างที่กำหนดให้

.....

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 1 - 2

ในชีวิตประจำวัน ว่ามีสัตว์หลายชนิดที่ก่อให้เกิดความรำคาญ ตลอดจนเป็นพาหะนำโรคมายังคน เช่น หนู แมลงวัน และยุง เป็นต้น วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการกำจัดสัตว์เหล่านี้คือ ใช้อาเบื้อ หรือใช้สารเคมีฆ่าแมลงในการกำจัด นอกจากนี้ แล้วยังมีการกำจัดโดยวิธีชีวภาพ

1. จงยกตัวอย่างการกำจัดทางชีวภาพมา 1 วิธี

.....
.....

2. จงอธิบายว่าการกำจัดทางชีวภาพนั้นมีข้อเสียอย่างไร

.....
.....
.....

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 3 - 4

เมื่อไม่นานมานี้มีข่าวตามหนังสือพิมพ์และโทรทัศน์เกี่ยวเรื่อง กับมะละกอ จีเอ็มโอ ซึ่งพบว่ามีการนำมะละกอไปปลูกในพื้นที่ของเกษตรกรและคาดว่าในตลาดจะมีมะละกอจีเอ็มโอ วางจำหน่ายอยู่ด้วย จึงได้ทำการสำรวจว่ามีจริงหรือไม่ และทำการควบคุมไม่ให้มีการนำ มะละกอ จีเอ็มโอไปปลูกนอกแปลงทดลอง

3. ท่านเข้าใจเกี่ยวกับ จีเอ็มโอ อย่างไรบ้าง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. ท่านยังจะรับประทาน มะละกอ หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

5. มีข่าวว่าเกิดภาพ เจดีย์ปรากฏในวิหารของวัดแห่งหนึ่ง เมื่อมีช่างแพร่ออกไป ก็มีผู้คนไปกราบ มณัสการภาพเจดีย์นั้นมากมาย แต่จากศึกษาพบว่าบริเวณขอบหน้าต่างของวิหารมีรอยแตกซึ่ง แสงสามารถส่องผ่านเข้าไปได้ และภาพของพระเจดีย์จะปรากฏบนพื้นวิหารในช่วงที่มี แสงอาทิตย์ส่องสว่าง อย่างไรก็ตามภาพที่เกิดขึ้นนั้นสามารถอธิบายด้วยวิทยาศาสตร์

นักเรียนจะอธิบายเหตุผลต่างๆเหล่านั้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 6 - 7

การเกิดปฏิกิริยาเคมีมีความสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ แต่ก็มีผู้กล่าวว่า การเกิดปฏิกิริยาเคมีมีทั้งที่เกิดประโยชน์และโทษ

6. ให้ออกข้อดีของการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1 ข้อ

.....

.....

.....

.....

7. ให้ออกข้อเสียของการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1 ข้อ

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 8 - 9

ในชีวิตประจำวันมีการใช้น้ำแข็งเป็นประจำ แต่ก็มีผู้กล่าวว่าน้ำแข็งแห้งมีทั้งประโยชน์และโทษ

8. นักเรียนบอกได้ไหมว่า น้ำแข็งแห้งคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

9. น้ำแข็งแห้งสามารถทำการสัมผัสโดยตรงได้หรือไม่เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 10 - 11

โรคหัดนกเป็นโรคที่มีการกล่าวถึงกันมากและรัฐบาลก็มีมาตรการในการป้องกันเกี่ยวกับ
ไขหวัดนกออกมามากมายทั้งในกลุ่มผู้ที่เลี้ยงสัตว์ปีก และกลุ่มผู้ที่ไม่ได้เลี้ยงสัตว์ปีก

10. ถ้าท่านเป็นผู้เลี้ยงสัตว์ปีกท่านจะมีวิธีการปฏิบัติอย่างไรเพื่อไม่ให้ตัวท่านและผู้อื่นติดเชื้อ
ไขหวัดนก

.....

.....

.....

.....

.....

11. ถ้าท่านไม่ได้เป็นผู้เลี้ยงสัตว์ปีกท่านจะต้องปฏิบัติอย่างไรเพื่อจะได้ไม่ติดเชื้อหวัดนก

[illegible]

12. การที่หลอดไฟฟ้ายาวนั้นต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้า ทำนทราบหรือไม่ว่าการที่หลอดไฟยว
นั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จะมีค่า เท่ากับ มากกว่า หรือน้อยกว่า แสงสว่างที่ได้และให้แสดง
เหตุผลประกอบการอธิบาย

(This area contains faint horizontal dotted lines for writing.)

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 13 - 14

มีการสร้างเขื่อนมากมายในประเทศไทยและในปัจจุบันมีการถกเถียงกันว่าการสร้างเขื่อน
จำเป็นหรือไม่ซึ่งก็แบ่งออกเป็น สองกลุ่ม มีทั้งกลุ่มที่เห็นด้วย กับกลุ่มที่ไม่เห็นด้วย

13. ให้ออกข้อดีของการสร้างเขื่อนมา 1 ข้อ

.....

.....

.....

.....

.....

14. ให้ออกข้อเสียของการสร้างเขื่อนมา 1 ข้อ

.....

.....

.....

.....

.....

15. น้ำมันกำลังเป็นปัญหาใหญ่สำหรับประเทศที่ไม่สามารถผลิตน้ำมันขึ้นใช้เองได้ ประเทศไทย
เป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับความสะดวกเช่นกัน จึงมีมาตรการหลายประการในการลดใช้
พลังงานเพื่อการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะรถยนต์นั้นมีมาตรการกำหนดไว้ โดยให้
ขับรถยนต์ด้วยความเร็วไม่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ท่านเห็นด้วยหรือไม่กับการกำหนดความเร็วดังกล่าวและเพราะเหตุใดจำต้องกำหนด
ความเร็วไวเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

16. ในการ สืบหาศพนิรนามนั้นจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง นักเรียนบอกได้ไหมว่า แพทย์ใช้หลักฐานอะไรบ้างในการสืบค้น

.....

.....

.....

.....

.....

17. ในวันหนึ่งอากาศสดใสมากและมีผู้คนไปเที่ยวชายหาดเป็นจำนวนมาก ขณะที่ทุกคนกำลังสนุกสนานกันนั้นก็มีเด็กหญิงคนหนึ่งสังเกตเห็นน้ำทะเลบริเวณชายหาดลดลงอย่างรวดเร็วและทำให้ชายหาดแห้งไกลจนถึงแนวปะการัง ผู้คนแตกตื่นกันและรีบวิ่งไปดูที่ชายหาดกันว่าเกิดอะไรขึ้น ส่วนเด็กหญิงคนดังกล่าวกลับวิ่งไปบอกผู้ปกครองให้รีบขึ้นจากชายหาด และให้หนีขึ้นไปอยู่ยังบริเวณเนินเขาสูงๆ

ท่านคิดว่าเด็กหญิงคนดังกล่าวทำเช่นนั้นเพราะเหตุใด และถ้าเป็นท่าน ท่านจะทำอย่างไร

.....

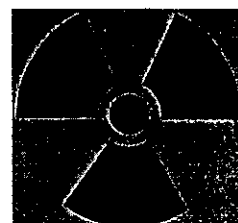
.....

.....

.....

.....

18. วันหนึ่งถ้านักเรียนไปพบถังขนาดเล็ก สังเกตดูภายนอกถึงคล้ายตะกั่วหุ้มไว้ และข้างถัง มีสัญลักษณ์ ดังภาพ นักเรียนควรทำอะไร ให้เหตุผล ประกอบด้วย



.....

.....

.....

.....

.....

20. เนื่องจากวาร์ตุดันดังกล่าวนั้นใช้น้ำมันดีเซลจึงมีส่วนทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมได้ ขณะเดียวกันได้มีการทดลองนำรถพลังงานไฟฟ้ามาวิ่งรับส่งนักท่องเที่ยวตามสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ โดยที่รถพลังงานไฟฟ้านั้นต้องมีการประจุไฟฟ้าซึ่งผลิตได้จากโรงงานผล กระทบไฟฟ้าจากถ่านหิน

กล่าวกันว่ารถไฟฟ้าที่ใช้อยู่ไม่ได้มีส่วนทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเลย ท่านเห็นด้วยหรือไม่เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 21- 22

ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์แห่งหนึ่ง เกษตรกรที่ทำงานอยู่สังเกตเห็นว่ามีแมลงมากในคอกสัตว์ และแน่นอนแมลงเหล่านี้จะทำให้สัตว์ที่ตนเองเลี้ยงเกิดป่วยได้ จึงได้ทำการผสมสารฆ่าแมลง แล้วทำการฉีดพ่นไปที่บริเวณคอกสัตว์ผลปรากฏว่าแมลงส่วนใหญ่ตาย แต่ต่อมาไม่นานก็มี การระบาดของแมลงในฟาร์มอีก จึงได้ทำการพ่นสารฆ่าแมลงชนิดใหม่นั้นอีก ผลปรากฏว่าแมลงส่วนใหญ่ตายแต่ก็มีแมลงบางส่วนที่ไม่ตาย เมื่อเวลาผ่านไปอีกก็เกิดการระบาดของแมลงอีก จึงได้ทำการพ่นสารฆ่าแมลงอีกซึ่งส่งผลให้แมลงบางส่วนตาย และบางส่วนไม่ตาย เหตุการณ์ เกิดขึ้นเช่นนี้ประมาณ 5-6 ครั้ง และพบอีกว่าการตายของแมลงในช่วงหลังๆนั้นลดน้อยลงกล่าวคือมีแมลงที่ไม่ตายมากกว่าจำนวนที่ตาย

เกษตรกรรายนี้ได้ทำการบันทึกผลต่างๆในสมุดบันทึก และให้ข้อสังเกตว่า “การใช้สารฆ่าแมลงแต่ละครั้งนั้นควรเตรียมให้พอกับปริมาณที่ใช้และใช้ให้หมดในครั้งนั้นๆเลย”

21. การที่เกษตรกรคาดคะเนว่าควรใช้สารให้หมดในแต่ละครั้งนั้นแสดงว่า สารฆ่าแมลงสามารถสลายตัวหรือเสื่อมได้เมื่อเวลาผ่านไปนานๆ ทำให้เมื่อนำสารฆ่าแมลงที่เตรียมไว้นานๆไปฉีดพ่นแมลงแล้วแมลงไม่ตายให้ท่านเสนอวิธีการทดสอบเพื่อพิสูจน์ว่าข้อสมมุติฐานของเกษตรกรรายนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

22. จากการบันทึกผลการสังเกตของเกษตรกรรายนี้ที่ว่าสารฆ่าแมลงสลายตัวได้เมื่อเวลาผ่านไป ให้ท่านอธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้แมลงตายน้อยลงเมื่อเวลาผ่านไป

.....

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 23- 24

นิตยสารฉบับหนึ่งได้ทำการเผยแพร่ข่าวการลดน้ำหนักของสาวคนหนึ่งชื่อว่า เจนจิรา การลดน้ำหนักของเจนจิรานี้จะทำโดยการงดอาหารที่เธอเคยทานทุกมื้อ แล้วหันมาทานช็อกโกแลตแทน เพียงแต่ว่าในแต่ละสัปดาห์นั้นเธอจะทานช็อกโกแลตจำนวน 90 ชิ้น แต่อย่างไรก็ตามทุกๆ 5 วันเธอต้องทานอาหารมื้อพิเศษ 1 มื้อ หลายเดือนผ่านไปน้ำหนักของเธอลดมาอยู่ที่ 50 กิโลกรัมโดยที่เธอยังมีสุขภาพที่แข็งแรงอยู่ นักโภชนาการกล่าวว่า การที่เจนจิราสามารถมีชีวิตอยู่ได้เพราะเธอได้รับพลังงานจากไขมันที่มีอยู่ในช็อกโกแลต แต่ก็คาดว่าในอนาคตนั้นเธออาจมีปัญหาด้านสุขภาพเพราะเธอได้รับสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตไม่เพียงพอ โดยเฉพาะ วิตามิน จากการค้นคว้าคุณค่าอาหารของช็อกโกแลต ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่เจนจิรารับประทาน พบว่าในช็อกโกแลต 100 กรัม นั้นจะมีคุณค่าอาหารต่างๆ ดังตามตาราง

โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	แร่ธาตุ	วิตามิน			พลังงาน
5 กรัม	32 กรัม	51 กรัม	Ca 50 mg Fe 4 mg	A	B	C	2142 Kj
				-	0.2 mg	-	

23. จากคำกล่าวที่ว่าเจนจิราได้รับพลังงานทั้งหมด จาก ไขมันที่มีในช็อกโกแลต จริงหรือไม่ เพราะเหตุใด อธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

24. วิตามินในช็อกโกแลตมีไม่ครบและในช็อกโกแลตไม่มีวิตามินซี โดยที่วิตามินที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตก็คือ วิตามินซี ดังนั้นการที่เจนจิรามีชีวิตอยู่ได้ต้องได้รับวิตามินซี จากอาหารที่เธอทานจากอาหารมื้อพิเศษนั่นเอง ถ้ามีอาหารให้เลือกอยู่ 4 ชนิด คือ ข้าว ปลา ผลไม้ และ ผักสด

ท่านคิดว่า เจนจิราได้เลือกทานอะไรจากอาหาร 4 ชนิดที่กำหนดให้

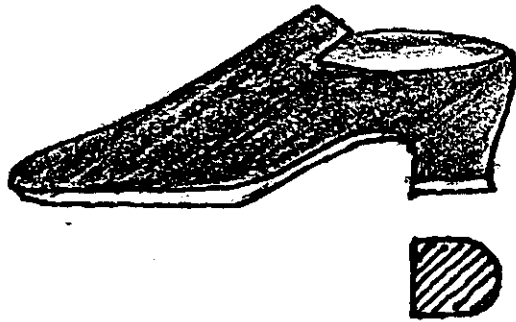
.....

.....

.....

.....

25. กล่าวกันว่ารองเท้าส้นสูงที่สาว ๆ นิยมสวมใส่นั้น เป็นสาเหตุที่ทำให้พื้นห้องสวยๆ ต้องเกิดรอยและเสียหายได้ โดยทั่วไปนั้นส่วนฐานของส้นรองเท้าจะมีพื้นที่ประมาณ 3 ตารางเซนติเมตร แต่ถ้าเป็นรองเท้าส้นสูง ฐานของส้นรองเท้าจะมีพื้นที่ประมาณ 0.5 ตารางเซนติเมตร



ฐานของส้นรองเท้า
3 ตารางเซนติเมตร



ฐานของส้นรองเท้าส้นสูง
0.5 ตารางเซนติเมตร

จงอธิบายว่าเหตุใดรองเท้าส้นสูงๆ จึงทำให้พื้นห้องเสียหายได้

.....

.....

.....

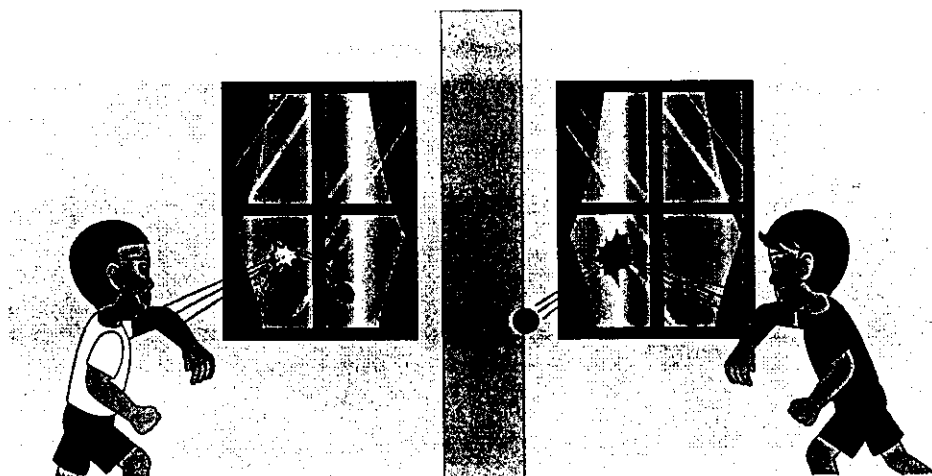
.....

.....

.....

.....

26. ภาพ ก เป็นภาพที่เกิดขึ้นเมื่อมีก้อนหินถูกขว้างมาถูกกระจกหน้าต่างทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้น ส่วนภาพ ข เป็นภาพที่เกิดจากการขว้างลูกเทนนิสซึ่งมีขนาดเท่ากับก้อนหินที่ขว้างด้วยแรงและความเร็วเท่ากันมาถูกกับหน้าต่างปรากฏว่าไม่เกิดอะไรขึ้น*



ภาพ ก

ภาพ ข

จงอธิบายว่าอะไรเป็นผลที่ทำให้ภาพ ก เมื่อกระทบด้วยก้อนหินเกิดรอยร้าว ส่วนภาพ ข ที่ถูกกระทบด้วยลูกเทนนิสไม่เกิดรอย

• คัดแปลงจากแบบวัดของ TIMSS

[illegible]

27. ในการอภิปรายถึงสภาพของดาว A ซึ่งเป็นดาวที่สมมุติขึ้น ครูผู้สอนได้ให้ข้อเพิ่มเติม เกี่ยวกับโลก และดาว A ดังตาราง*

	โลก	ดาว A
ระยะที่ห่างจากดาวที่คล้ายดวงอาทิตย์	148,640,000 km	902,546,000 km
ความดันอากาศที่พื้นผิว	102,325 Pa	100 Pa
สภาพบรรยากาศ • ส่วนประกอบที่เป็นแก๊ส	ออกซิเจน 21 % คาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% ไนโตรเจน 78%	ออกซิเจน 6 % คาร์บอนไดออกไซด์ 6% ไนโตรเจน 88 %
• ชั้นโอโซน	มี	ไม่มี
• การปกคลุมของเมฆ	มี	ไม่มี

* ดัดแปลงจากแบบวัดของ TIMSS

ถ้าดาว A เป็นดาวที่มีอยู่จริง มนุษย์จะอาศัยอยู่บนดาว A ได้หรือไม่เพราะเหตุใดให้ยกตัวอย่างอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

VITAE

VITAE

Name: Prasong Mateapinitkul

Date of Birth: August 13, 1956

Place of Birth: Chiang Mai Province, Thailand

Address: IPST Thailand 44000

Tel 66-7025020

pmeat@ipst.ac.th



Educational Background:

2005	Doctoral of Education (Science Education) from Srinakharinwirot University
1986	Master of Education (Teaching Chemistry) from Chiang Mai University
1981	Bachelor of Education (Teaching science) from Chiang Mai University
1976	MS 5 from Montfort College

000-11
Prongs
1-3

A STUDY ON SCIENTIFIC LITERACY OF GRADE 9 STUDENTS IN BANGKOK
METROPOLIS AND ITS VICINITY

126 N.A. 2548

AN ABSTRACT
BY
PRASONG MATEAPINITKUL

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
May 2005

1-3

Prasong Mateapinitkul (2005). *A Study on Scientific Literacy of Grade 9 Students in Bangkok Metropolis and Its Vicinity*. Dissertation, Ed.D (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisory Committee: Assoc. Prof. Dr. Kanjana Chookruvong, Assoc. Prof. Dr. Nason Phonphok, Dr. Manat Boonprakob

The objectives of this research were separate into three phases. The first phase was to find out what scientific literacy of Thai students who will finish grade 9 should know by using the Delphi technique. The 29 experts were participating in Delphi study. They composed of 6 scientists, 9 science educators, 3 science teachers, 3 engineers, 3 medical doctors, 3 business and industry employees, and 3 government officials. A set of questionnaires was employed into two rounds to obtain their opinions on scientific literacy that grade 9 students should know, the obtained data were analyzed to determine the media, mode and standard deviation. The outcome was a set of 37 streams were consented.

The second phase of the research, the 37 consensus on scientific literacy were constructed as scientific literacy test items. The Index of Item – Objective Consistence (IOC) of each item was analyzed, the items which had IOC more than 0.70 were selected. The scientific literacy test items were composed of 3 parts: multiple choices (25 items), true-false item tests (25 items) and short answer test items (27 items). The difficulty of the first part was 0.619 and the KR – 20 was 0.700. The Alpha Coefficient of the second part was 0.701, test reliability of subject separation was 0.707, and sample reliability of item separation was 0.951. The Alpha Coefficient of the third part was 0.823, test reliability of subject separation was 0.904, sample reliability of item separation was 0.964, and the intra – rater consistency equal to 0.998 was significant at 0.01 level.

The third phase of this research was to find out the scientific literacy of the grade 9 students in Bangkok metropolis and its vicinity. The entire scientific literacy test items were completed by 1135 students of the 20 schools in Bangkok metropolis and its vicinity. The research hypotheses were tested by t-test of dependent samples, t-test for one group and Analysis of Variance (One Way ANOVA).

The result of the study showed that the mean scores of scientific literacy of students in Bangkok metropolis and its vicinity were significantly difference at 0.05 level, the mean scores of scientific literacy of the students in Bangkok metropolis was higher than students in its vicinity (Chachoengsao, Nakhon Pathom, Nontha buri, Pathum Thani, Samut Prakan

and Samut Sakhorn) 25.76 points(14.0 %). Scientific literacy of the students in pilot school and participating school were significantly difference at 0.05 level, the data indicated that the mean scores of scientific literacy of the students in participating schools were higher than pilot school students, mean scores difference were 11.65 (6.37 1%). Scientific literacy mean scores of students in schools under Department of General Education (DGE), the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) and the Office of the Private Education commission (OPEC) were significantly difference at 0.05 level. It was found that scientific literacy of students in school under the Office of the Private Education commission (OPEC) were higher than the one in schools under the Department of General Education (DGE) 9.90 points (5.38 %) and the Office of the National Primary Education Commission (ONPEC) 23.87 points (12.98 %) respectively. Moreover, the scientific literacy between boys and girls were significantly difference at 0.05 level. The data indicated that the mean scores of girls were higher than boys, the mean scores difference were 3.67 points (2.0%).

การศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของนักเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร
และปริมณฑล

บทคัดย่อ
ของ
ประสงค์ เมธีพินิตกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุซฐิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2548

ประสงค์ เมธิ์พินิตกุล (2548). การศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของนักเรียนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. ปรินญาณพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชูวงศ์, รองศาสตราจารย์ ดร. ณสเรศ ผลโชค, ดร.มนัส บุญประกอบ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายหลักสามประการคือเพื่อศึกษานักเรียนไทยที่จะจบการศึกษาภาคบังคับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีความรู้วิทยาศาสตร์อะไรบ้าง ประการที่สองเพื่อทำการพัฒนาแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และประการที่สามเพื่อประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนแกนนำและโรงเรียนนาร่องในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ขั้นตอนแรกของงานวิจัยเป็นการใช้เทคนิคเดลฟายเพื่อศึกษาว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ควรมีความรู้วิทยาศาสตร์อะไรบ้างโดยการศึกษาจากผู้เชี่ยวชาญทั้งสิ้น 29 คนแยกเป็นกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ 6 คน นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 8 คน ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ 3 คน วิศวกร 3 คน แพทย์ 3 คน ข้าราชการ 3 คน และบุคลากรจากภาคอุตสาหกรรม 3 คน โดยใช้แบบสอบถามถามผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 2 รอบ นำคำตอบที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่า มัธยฐาน ฐานนิยม และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ฉันทมติเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนไทยควรรู้ออกมาเป็น 37 ฉันทมติ

ขั้นที่สองของงานวิจัย ได้นำฉันทมติตามที่ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าเป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนไทยควรรู้ไปสร้างเป็นแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์และหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) พบว่าข้อสอบแต่ละข้อมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหามากกว่า 0.70 ข้อสอบที่สร้างได้แบ่งออกได้เป็น 3 ตอน ตอนที่หนึ่งเป็นแบบเลือกตอบจำนวน 25 ข้อ มีค่าความยาก 0.619 และค่าความเชื่อมั่น KR – 20 เท่ากับ 0.700 ตอนที่สองเป็นแบบข้อสอบถูกผิดจำนวน 25 ข้อมีค่าความเชื่อถือได้ของแบบวัด (Alpha Coefficient) เท่ากับ 0.701 และค่าความเชื่อถือได้ของการจำแนกผู้ตอบด้วยแบบวัด (Test reliability of subject separation) เท่ากับ 0.707 และค่าความเชื่อถือได้ของการจำแนกแบบวัดด้วยกลุ่มผู้ตอบ (Sample reliability of item separation) เท่ากับ 0.951 ตอนที่ 3 เป็นแบบเขียนตอบสั้นๆ จำนวน 27 ข้อ มีค่าความเชื่อถือได้ของแบบวัด (Alpha Coefficient) เท่ากับ 0.823 และค่าความเชื่อถือได้ของการจำแนกผู้ตอบด้วยแบบวัด (Test reliability of subject separation) เท่ากับ 0.904 และค่าความเชื่อถือได้ของการจำแนกแบบวัดด้วยกลุ่มผู้ตอบ (Sample reliability of item separation) เท่ากับ 0.964 และค่าความเชื่อมั่นของการตรวจคำตอบที่ได้จากผู้ตรวจคนเดียว (Intra – rater consistency) ของข้อสอบตอนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.996 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

ขั้นที่สามของงานวิจัยเป็นการนำแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้ไปวัดการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนนาร่องและโรงเรียนเครือข่ายในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล นักเรียนที่ร่วมในการวิจัยเป็นนักเรียนที่เรียนอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวนทั้งสิ้น 1135 คน จาก 20 โรงเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานการวิจัยได้แก่ ค่า t - test independent และ t - test for one group และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way Analysis of Variance)

ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยของการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกรุงเทพมหานคร และ ปริมณฑลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยที่นักเรียนในเขตกรุงเทพมหานครมีค่าเฉลี่ยของการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนในเขตปริมณฑลอยู่ 25.76 คะแนน (14.00%) เมื่อเปรียบเทียบผลการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนนาร่องและโรงเรียนเครือข่ายพบว่า นักเรียนในโรงเรียนนาร่องและโรงเรียนเครือข่ายมีค่าเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยที่โรงเรียนเครือข่ายจะมีค่าเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่าโรงเรียนนาร่อง อยู่ 11.05 คะแนน (6.37%) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสังกัดของโรงเรียนกับผลการรู้วิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชน (สช) กรมสามัญศึกษา (สศ) และสำนักงานการประถมศึกษาแห่งชาติ (สพช หรือ โรงเรียนขยายโอกาส) มีค่าเฉลี่ยของการรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยที่นักเรียนของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชน (สช) มีค่าคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา (สศ) อยู่ 9.90 คะแนน (5.38 %) และสูงกว่านักเรียนในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาแห่งชาติ (สพช หรือ โรงเรียนขยายโอกาส) อยู่ 23.87 คะแนน (12.98 %) และโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา (สศ) จะมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาแห่งชาติ (สพช) อยู่ 13.97 คะแนน (7.60 %) และเมื่อเปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ระหว่างเพศชายกับเพศหญิงพบว่านักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 โดยที่นักเรียนหญิงจะมีค่าคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชายอยู่ 3.67 คะแนน (2.0 %)