



บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม:

เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)
สาขาวิชาเอกการจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2544

ISBN 974-665-522-1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

วพ

๙๙๖๗

๒๕๔๔

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม:

เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

.....
แสนวิภา แสนสุขทวีทรัพย์

นางสาวแสนวิภา แสนสุขทวีทรัพย์
ผู้วิจัย

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอี่ยมพร มัชฌิมวงศ์
วท.บ., M.Sc.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....
อาจารย์เบญจภรณ์ ประภักดิ์
วท.บ., วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....
ศาสตราจารย์เลียงชัย ล้อมม่วง Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรัณยา สุจริตกุล พ.บ.ม.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการ

การระบบสารสนเทศ) สาขาวิชาเอกการจัดการ

การสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร

สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม:

เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)

สาขาวิชาเอกการจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร

วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2544

เสนาวิภา แสนสุขทวีทรัพย์

นางสาวเสนาวิภา แสนสุขทวีทรัพย์
ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอี่ยมพร มัชฌิมวงศ์
วท.บ., M.Sc.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นายไพบุลย์ แจ่มพงษ์ Ph.D.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์เตียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.
คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

อาจารย์เบญจภรณ์ ประภักดี
วท.บ., วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงสำลี Ph.D.
คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากคณาจารย์ที่ปรึกษา ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอื้อมพร มัชฌิมวงศ์ และอาจารย์เบญจภรณ์ ประภักดิ์ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล รวมถึง ดร.ไพบุลย์ แจ่มพงษ์ จากกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ที่ได้ให้คำปรึกษา และข้อคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัย และได้แนะนำแนวการทำงานที่เป็นประโยชน์อย่างมาก

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรัณยา สุจริตกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์โอภาส ปัญญา คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้ให้คำตั้งสอน และชี้แนะแนวทางในการวิจัย และให้แง่คิดต่างๆ ในการศึกษา และการทำวิจัย เป็นประโยชน์อย่างมาก

ขอขอบคุณ คณะผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการตรวจประเมินแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในแง่มุมต่างๆ อย่างละเอียดถี่ถ้วน และให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จนสามารถใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบคุณ คุณครูสุนันท์ ขอดธรรม และคุณครูทุกท่าน โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย และคุณครูทุกท่าน โรงเรียนเบญจมราชูทิศ สำหรับความช่วยเหลือ และคำแนะนำเกี่ยวกับความคิดเห็นบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ขอขอบคุณน้องๆ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ฝ่ายการศึกษาทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการติดต่อดำเนินงานต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ บรรณารักษ์ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือให้ความสะดวกในการยืมหนังสือ

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ และผู้ที่คอยให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อผู้ที่เป็นต้นกำเนิดแห่งความคิดทั้งปวงของงานวิจัยครั้งนี้ คือ คุณพ่อ คุณแม่ และขอขอบคุณ พี่ๆ ที่คอยห่วงใยเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจในการเรียน และต่อสู้กับปัญหาต่างๆ และสนับสนุนในด้านการเงินจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณญาติๆ ทุกท่านที่คอยช่วยเหลือในทุกๆ อย่างด้วยดีตลอดมา และขอขอบพระคุณต่อผู้เป็นกำลังหนุนอันสำคัญยิ่งที่มิได้เอ่ยนาม ณ ที่นี้

4136556 ENIM/M : สาขาวิชาเอก : การจัดการระบบสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร ;

วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)

คำสำคัญ : บทเรียน โปรแกรม / คอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง / ครู / มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
 แสตนวิภา แสตนสุขทวีทรัพย์ : บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชา
 สิ่งแวดล้อม: เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ (A SELF LEARNING COMPUTER PROGRAM FOR
 ENVIRONMENTAL TEACHERS ON THE TOPIC OF TRAFFIC AIR POLLUTION.) คณะกรรมการควบคุม
 วิทยานิพนธ์ : เอื้อมพร มัชฌิมวงศ์, M.Sc., เบนุจภรณ์ ประภักดิ์, วท.ม. 108 หน้า. ISBN 974-665-522-1

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทาง
 อากาศจากยานพาหนะ สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ใน
 การทดลองมีกลุ่มตัวอย่าง 2 ประเภท ได้แก่ กลุ่มครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ และกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
 ซึ่งเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) กลุ่มครูเลือกจากโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย และโรงเรียนเบญจมราชาลัย
 กรุงเทพมหานคร จำนวน 10 คน เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วย
 ตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ โดยใช้ค่าเฉลี่ย จากแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า ส่วนกลุ่ม
 นักเรียนเลือกจาก โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย กรุงเทพมหานคร จำนวน 64 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม
 ทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองเรียนจากครูที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง กลุ่ม
 ควบคุมเรียนกับครูที่ไม่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง แต่ใช้เนื้อหา เรื่อง บรรยากาศ
 ในวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ตามวิธี
 แบบปกติแล้วทดสอบความรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดความรู้ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น
 เท่ากับ 0.69 ทดสอบความรู้ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแล้วเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์
 ทางการเรียน โดยใช้ค่าสถิติ t-test

ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง ในด้านเนื้อหา
 ของบทเรียน การนำเสนอเนื้อหาในด้านตัวอักษร ภาพนิ่ง และความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้
 ใช้ อยู่ในระดับดีถึงดีมาก ในส่วนของการนำเสนอด้านเสียง ภาพเคลื่อนไหว และแบบฝึกหัดอยู่ในระดับปานกลาง
 ถึงดี สำหรับคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนของนักเรียนกลุ่มควบ
 คุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน

4136556 ENIM/M: MAJOR : INFORMATION MANAGEMENT ON ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES; M.Sc. (TECHNOLOGY OF INFORMATION SYSTEM MANAGEMENT)

KEY WORDS : PROGRAMMED LEARNING / SELF LEARNING COMPUTER / TEACHER / TRAFFIC AIR POLLUTION

SANWIPA SANSUKTAWEE SUB : A SELF LEARNING COMPUTER PROGRAM FOR ENVIRONMENTAL TEACHERS ON THE TOPIC OF TRAFFIC AIR POLLUTION. THESIS ADVISORS: AUEMPHORN MUTCHIMWONG, M.Sc., BENJAPHORN PRAPAGDEE, M.Sc. 108 p. ISBN 974-665-522-1

This research aims to create a self learning computer program on environment titled "Traffic air pollution" for teachers, who teach environment in lower secondary schools. There were two sample groups; a teacher teaching Science, and a MS.3 student studying Science (SC 305). Ten teachers were selected from Santiradvittayalai School and Benjamarachalai School in Bangkok. After they had studied the self learning computer program, they evaluated the efficiency of the program under a rating scale. The mean of rating scale was used to determine the efficiency. The students were selected from Santiradvittayalai School in Bangkok in a number of 64. The samples were divided into two groups; an experimental group and a control group. The experimental group was instructed by a teacher who studied the self learning computer program. The control group studying with teacher, who did not learn a self learning computer program. This teacher taught the control group with the normal method under the topic "Atmosphere" in the science studies book (SC 305) after the 1978 secondary level curriculum (revised in 1990). Then these two groups were tested their knowledge before and after treatment by an exam which a reliability was 0.69. After that, using t-test statistic compared the student pre-post tests achievements.

The assessment of efficiency of the self learning computer program showed that the text, the alphabet's presentation, the solid picture and the ability of program on servicing the user were rated between good and excellent. While the sound, the moving picture and the practice were rated between medium and good. The pre-post test achievements showed that the scores of the experimental group were higher than the control group with a statistical significance at the level of 0.01, which gives agreement to the assumption.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	ณ
1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตการศึกษา	6
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	6
2. ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 วิกฤตมลพิษทางอากาศ	7
2.2 การศึกษาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม	25
2.3 บทเรียน โปรแกรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	36
3. วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	55
3.2 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	56
3.3 ตัวแปรที่ศึกษา	56
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	57
3.5 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	57
3.6 วิธีดำเนินการทดลอง	61
3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล	63
4. ผลการวิจัย	
4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ	65
4.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	70
5. อภิปรายผล สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 อภิปรายผล	73
5.2 สรุปผลการวิจัย	77
5.3 ข้อเสนอแนะ	79
รายการอ้างอิง	81
ภาคผนวก ก แบบประเมินประสิทธิภาพการใช้โปรแกรม	87
ภาคผนวก ข แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	91
ภาคผนวก ค เนื้อหาในบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ	97
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งานบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ	98
ภาคผนวก จ ผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียน	103
ประวัติผู้วิจัย	104
Executive Summary	105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1.	องค์ประกอบของอากาศที่ระดับน้ำทะเล	8
2-2.	ปริมาณความต้องการอากาศของมนุษย์ที่มีน้ำหนัก 68.5 กิโลกรัม	9
2-3.	ปริมาณมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2522 ปริมาณที่ปล่อยตันต่อปี	12
2-4.	ชนิดของเชื้อเพลิงและประเภทของยานพาหนะ	13
4-1.	ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านเนื้อหาของบท	66
4-2.	ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหา ของบทเรียนในส่วนของตัวอักษร	66
4-3.	ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหา ของบทเรียนในส่วนของภาพนิ่ง	67
4-4.	ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหา ของบทเรียนในส่วนของเสียง	67
4-5.	ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหา ของบทเรียนในส่วนของภาพเคลื่อนไหว	68
4-6.	ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านความสามารถ ของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้	69
4-7.	ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านแบบฝึกหัด	69
4-8.	ผลการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง	70
4-9.	ผลการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนการทดลอง และคะแนน การทดสอบภายหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง	71

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2-1.	เครื่องยนต์สันดาปภายในปล่อยมลสารจากส่วนต่างๆ ของรถยนต์	12
2-2.	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ	14
2-3.	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	15
2-4.	ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ	17
2-5.	กราฟอัตราส่วนจำนวนนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรต่อประชากร หนึ่งล้านคนในประเทศต่างๆ	29
ง-1.	หน้าจอของการเข้าสู่บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ	100
ง-2.	หน้าจอรายการหลักของบทเรียน	101
ง-3.	หน้าจอของแนวทางการพัฒนาทักษะต่างๆ ในการจัดการเรียนการสอน	101
ง-4.	ข้อความเตือนหลังจากออกจากบทเรียน โปรแกรมฯ	102

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การพัฒนาประเทศในระยะเวลาที่ผ่านมา ตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับแรก (พ.ศ. 2504-2509) มาถึงปัจจุบันนั้น เน้นการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ และส่งเสริมการลงทุนทางภาคอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ขาดการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่เคยอุดมสมบูรณ์ในอดีตมีปริมาณลดลง และอยู่ในสภาพเสื่อมโทรม เกิดภาวะมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน อันเป็นการทำลายคุณภาพของระบบนิเวศ จนกลายเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของการพัฒนาประเทศ (1, 2)

ในการพัฒนาประเทศที่ผ่านมา ประเทศไทยยังคงอาศัยเทคโนโลยีนำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อใช้พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมส่งผลให้ประเทศต้องเสียเปรียบทางด้านเศรษฐกิจแก่ต่างประเทศเป็นอย่างมาก (3, 4) ทั้งนี้เพราะรัฐไม่ได้ให้ความสำคัญ และไม่ได้พัฒนาเทคโนโลยีอย่างจริงจัง ซึ่งจะเห็นได้จากสถานภาพรวมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังขาดกำลังคนทั้งในระดับมัธยม และอุดมศึกษาทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ โดยด้านปริมาณประเทศไทยมีนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร 107 คน ต่อประชากร 1 ล้านคน ซึ่งน้อยกว่ามาเลเซีย สิงคโปร์ และเกาหลีใต้ ทั้งนี้เพราะประเทศไทยมีการลงทุน เพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพียงร้อยละ 0.19 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GNP) ในขณะที่มาเลเซีย สิงคโปร์ และเกาหลีใต้มีการลงทุนสูงถึงร้อยละ 0.8, 1.0 และ 2.1 ตามลำดับ หากการลงทุนเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีน้อยจะทำให้เกิดการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช้าตามไปด้วย (3, 5) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาในด้านต่างๆ และเป็นสาเหตุหลักของสภาพวิกฤติทางปัญญาดังนั้น การพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมกับนานาประเทศ ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการจัดการเรียนการสอนในด้านวิทยาศาสตร์แก่เยาวชน ซึ่งควรจัดกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้สัมพันธ์กับชีวิตจริงภายนอกห้องเรียน เป็นการทำความเข้าใจ

เข้าใจกับธรรมชาติอย่างเป็นระบบ (5) คือ การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางในการทำความเข้าใจ สามารถรู้สาเหตุปัญหาวิกฤตสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และหามาตรการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถูกวิธีด้วย

เพื่อเป็นการตอบรับมาตรการดังกล่าว กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการได้บูรณาการเนื้อหาด้านสิ่งแวดล้อมผนวกเข้าในหลักสูตรการศึกษาทั้งในระบบ และนอกระบบ (6) ได้แก่ การนำเอาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษาบรรจุเข้าไปในหลักสูตร โดยหลักสูตรประถมศึกษาได้บูรณาการสิ่งแวดล้อมศึกษาเข้าไปอยู่ในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต และสอดแทรกอยู่ประปรายในกลุ่มสร้างเสริมลักษณะนิสัย ส่วนหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น วิชาด้านสิ่งแวดล้อมจะแทรกอยู่ในวิชาวิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเนื้อหาวิชาสิ่งแวดล้อมที่มีสอดแทรกอยู่ในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนต้นยังไม่เพียงพอต่อการที่จะสอนให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมได้ และหลักสูตรที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีเนื้อหาไม่สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ และสังคมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งไม่สนองความต้องการของสังคมที่มีปัญหาซับซ้อนทั้งในด้านของความทันสมัย ความต่อเนื่อง ความซ้ำซ้อนของเนื้อหาในหลักสูตร (2) การจัดการศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้นจำเป็นต้องใช้วิธีการผสมผสานความรู้ประเภทต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้เด็กได้เรียนเรื่องสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบแล้วสามารถที่จะมองเห็นภาพรวม (Holistic View) ของระบบสิ่งแวดล้อมให้ได้ (7) หน้าที่ทั้งหมดนี้ถือเป็นภาระสำคัญของครูผู้สอนที่จะต้องทำให้นักเรียนได้ตระหนักถึงสิ่งดังกล่าว

แนวทางหลักในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงต้องสร้างความเข้าใจ และสามารถคิดอย่างมีเหตุมีผล รู้สาเหตุของปัญหา และสามารถแก้ไขปัญหาได้ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับเยาวชนในด้านสิ่งแวดล้อม ในระบบการศึกษาทั้งหมด สำหรับการศึกษาระบบนั้น การให้การศึกษาควรเน้นที่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ เมื่อจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นแล้ว ส่วนใหญ่จะออกไปประกอบอาชีพการงาน มีส่วนน้อยเท่านั้นที่เรียนต่อในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นได้มีประสบการณ์การเรียนรู้การสอนเรื่องสิ่งแวดล้อมให้เพียงพอก่อนที่จะออกไปประกอบอาชีพการงาน (7) อีกทั้งจะเป็นการพัฒนาเยาวชน ซึ่งกำลังจะเติบโตเป็นผู้ใหญ่ให้มีความรู้ ความเข้าใจอันจะเป็นพื้นฐานที่ก่อให้เกิดความสัมพันธ์อันกลมกลืนกับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และสังคมที่อยู่โดยรอบต่อไปในระยะที่ยาวนาน และนอกจากนี้การเปลี่ยนเจตคติ ค่านิยมและพฤติกรรมดังกล่าวเมื่อได้เกิดกับเยาวชนในระดับนี้แล้วมักจะคงอยู่ตลอดไปจึงสมควรที่จะพัฒนาสิ่งแวดล้อมศึกษาในระดับนี้ก่อน (8)

แต่จากสถานการณ์ด้านการศึกษาในปัจจุบันพบว่า ปัญหาที่สำคัญคือ คุณภาพของครูผู้สอน โดยเฉพาะครูผู้สอนด้านวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม (5) เนื่องจากครูผู้สอนมีจำนวนน้อย และบุคลากรที่จะให้การอบรมครูก็มีอยู่น้อยมาก ทำให้การเริ่มต้นพัฒนาวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมด้วยการสอนแทรกลงในทุกวิชาพร้อมกันจะเป็นการเสี่ยงต่อการล้มเหลว เพราะไม่สามารถที่จะอบรมครูทั้งหมดให้มีความรู้ได้ในระยะเวลาอันสั้น นอกจากนี้ยังพบว่าครูส่วนใหญ่ยังขาดทักษะ และประสบการณ์ด้านกระบวนการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม (2, 5, 9) และปัญหาอีกประการหนึ่งคือ ครูส่วนใหญ่สอนโดยยึดตัวครูเป็นศูนย์กลาง ใช้การบรรยาย ป้อนความรู้ให้แก่ักเรียน เน้นการท่องจำ เน้นการสอนตามหนังสือมากกว่าการให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติจริง สอนเน้นเนื้อหามากกว่ากระบวนการเรียนรู้ ท้องถิ่น หรือชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมจัดการเรียนการสอนได้น้อย ขาดการส่งเสริมในด้านความคิดริเริ่ม จึงทำให้นักเรียนเรียนรู้ เพื่อนำความรู้ไปใช้สอบแข่งขัน เรียนต่อในระดับอุดมศึกษา มิได้นำความรู้ที่ได้มา ใช้พัฒนาตนเอง และสังคม (5) อีกทั้งครูยังไม่ค่อยใช้สื่อ และเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากส่วนหนึ่งเป็นปัญหาจากการขาดแคลนสื่อการเรียนการสอนในด้านสิ่งแวดล้อมด้วย (2, 5) แนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว และพัฒนาสิ่งแวดล้อมได้คือ การพัฒนาความรู้ของครูผู้สอน โดยให้ครูมีความรู้ ความเข้าใจในด้านวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม (2)

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมากที่สุดปัญหาหนึ่ง เพราะอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในปัจจุบันวิกฤติมลพิษทางอากาศเกิดจากการใช้เทคโนโลยีอย่างไม่ระมัดระวัง จนทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (3) เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ และการปล่อยก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และการใช้สารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) ในเครื่องทำความเย็น เป็นต้น สารเหล่านี้จะไปก่อให้เกิดวิกฤตการณ์พร้อมกัน 3 อย่าง ได้แก่ ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) การเกิดช่องโหว่ของโอโซน (Ozone Hole) และภาวะฝนกรด (Acid Rain) (3, 4, 10, 11) แต่ละเหตุการณ์สามารถก่อให้เกิดผลที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตจนทำให้ถึงตายได้ เมื่อทั้ง 3 ปรากฏการณ์มารวมกันแล้วสามารถคุกคามโลกได้มากเท่าๆ กับการเกิดสงครามนิวเคลียร์ (12) ขณะนี้พบว่า โอโซนในบริเวณทวีปออสเตรเลีย (Australia) และทวีปอเมริกาใต้ (South America) เกิดช่องโหว่ ซึ่งจะทำให้รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet-UV) ส่องผ่านมายังโลกได้โดยตรง ซึ่งจะทำให้มนุษย์บนพื้นโลกเป็นมะเร็งผิวหนังมากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในโลกให้สูงขึ้น และจะทำให้น้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือ ละลายจนทำให้ระดับน้ำในมหาสมุทรที่จะเพิ่มขึ้น เกิดน้ำท่วมพื้นที่ราบชายฝั่งทะเล และพื้นที่ที่มี

ระดับเดียวกันกับน้ำทะเล ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทางการเกษตร (8, 12, 13) และอาจเป็นหนทางหนึ่งที่จะนำไปสู่การขาดแคลนอาหารของประชากรในโลก

ประเทศไทยกำลังประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศ และมีความรุนแรงมากตามเมืองใหญ่ๆ ซึ่งเป็นศูนย์กลางการค้า และการสื่อสารคมนาคม เช่น เชียงใหม่ พัทยา ภูเก็ต สระบุรี โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรุงเทพมหานคร ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากยานพาหนะที่มีจำนวนมากขึ้น จากสถิติรถที่จดทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบกในเขตกรุงเทพมหานคร จนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2540 มีจำนวนยานพาหนะ 3,929,010 คัน โดยมีอัตราเพิ่มวันละไม่ต่ำกว่า 1,378 คัน เทียบกับจำนวนรถทั้งประเทศ จำนวนรถในกรุงเทพมหานครคิดเป็นสัดส่วนถึง 1 ใน 4 จากการทำจำนวนรถยนต์เพิ่มขึ้น แต่พื้นที่ผิวการจราจรมีอยู่อย่างจำกัด ส่งผลให้การจราจรในกรุงเทพมหานครติดขัด สารมลพิษที่สำคัญที่ยานพาหนะปล่อยออกมา เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และอนุภาคสารมลพิษอื่นๆ ได้แก่ เขม่า ตะกั่ว และฝุ่นละอองต่างๆ (13, 14) ซึ่งเป็นผลมาจากรถยนต์มีจำนวนมากและมีเครื่องยนต์เก่า ไม่ได้ได้รับการดูแลรักษาให้อยู่ในสภาพที่ดี (15, 16)

สำหรับกรุงเทพมหานคร บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น มีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา จมูก ลำคอ และเยื่อเมือกต่างๆ ของร่างกาย อีกทั้งยังอาจทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน สายตาพร่ามัว เกิดโรคเรื้อรังเนื่องจากได้รับเอาอากาศสกปรกเข้าไป และอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็งในปอดได้ ถึงแม้ว่าร่างกายจะรับเอาสารมลพิษเข้าไปปริมาณน้อย แต่รับเข้าไปอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ก็จะมีผลทำให้ร่างกายมีความต้านทานโรคต่ำ จะทำให้เป็นโรคติดต่อต่างๆ ได้ง่าย ถ้าร่างกายรับเอาสารมลพิษที่มีอันตรายอย่างรุนแรงอยู่เป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับหัวใจ โรคทางระบบประสาท โรคทางเดินหายใจอักเสบ และโรคสมองอักเสบ เป็นต้น จากผลการตรวจสุขภาพของตำรวจจราจรในกรุงเทพมหานคร โดยโครงการตรวจสุขภาพ และการบำบัดรักษาตำรวจจราจรของกองบัญชาการตำรวจนครบาล เมื่อปี พ.ศ. 2533 พบว่า ตำรวจจำนวน 1,742 นาย มีอาการผิดปกติของโรคเกี่ยวกับปอด ตาเป็นต้อ ความดันโลหิตสูง เบาหวาน โพรงจมูกอักเสบ ภูมิแพ้ และความผิดปกติของหู ถึงประมาณ 704 นาย หรือประมาณร้อยละ 40.41 (12) นอกจากนี้มลพิษทางอากาศที่เกิดจากรถยนต์นั้นยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงักงัน เพราะสารมลพิษเป็นอันตรายต่อระบบการหายใจ และการสังเคราะห์แสงของพืชโดยตรง ดังจะเห็นได้จากต้นไม้ที่ปลูกในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น มักจะแคระแกร็น มีการเจริญเติบโตช้า หรืออาจตายได้ และมลพิษทางอากาศยังทำให้เกิดความสกปรกแก่เสื้อผ้า บ้านเรือน เพิ่มค่าใช้จ่ายในการรักษาความสะอาด ทำให้วัตถุและโลหะบางชนิด ผุกร่อนเป็นสนิมเร็วกว่าปกติ (12, 13, 14, 15, 16)

ถึงแม้ว่าคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล และพื้นที่ต่างจังหวัดในปัจจุบันมีปริมาณมลพิษทางอากาศลดน้อยลง และมักได้รับการดูแลในรูปของการตามแก้ไขปัญหาที่มีได้เน้นหนักที่การป้องกันปัญหาอย่างจริงจัง หากไม่มีการให้การศึกษา และส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจในการแก้ไขปัญหาลึกลับด้านมลพิษทางอากาศร่วมกันได้อย่างถูกต้องให้แก่เยาวชนและประชาชนแล้ว ปัญหามลพิษทางอากาศอาจยิ่งรุนแรงขึ้นกว่าเดิม โดยเฉพาะปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากยานพาหนะ

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงจัดสร้างบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองสำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เพื่อให้ครูผู้สอนสิ่งแวดล้อมได้นำไปศึกษา และเรียนรู้เนื้อหาด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับมลพิษทางด้านอากาศจากยานพาหนะอย่างเป็นระบบ เพื่อเป็นการเสริมสร้างความพร้อมของครู โดยให้ครูมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะอย่างเป็นระบบ และนำไปเป็นแนวทางสอนให้นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นให้มีความรู้ ความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เพื่อให้เข้าใจถึงสภาพปัญหามลพิษทางอากาศ และรู้จักหาวิธีการป้องกันสุขภาพอนามัยของตนเองต่อปัญหามลพิษ ได้อย่างถูกต้องตลอดจนนักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับ ไปแนะนำต่อครอบครัว และชุมชน ได้อย่างถูกต้องต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างบทเรียน โปรแกรมด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เมื่อเรียนจากครูที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น และนักเรียนที่เรียนกับครูที่ไม่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น

1.3 สมนนคฐานของการววจุฑ

ครุสอนดววววจุฑการสอนตามบทเรยน โปรแกรมคอมพวูเตอรเรยนรูดววตนเองดานลวงแวดลวง เรื่อง มลพษทางอากาศจากยานพาหนะ สามารถสอนให่นักเรยนมผลสัมฤทฐิทางการเรยนสูงกวานักเรยนที่เรยนกับครุ ซึ่งใชววจุฑการสอนตามแบบเรยนเคม ในวชววทยาสาสทร (ว 305)

1.4 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการววจุฑเชงทคลอง โดยการสร้างบทเรยน โปรแกรมคอมพวูเตอรเรยนรูดววตนเองดานลวงแวดลวง เรื่อง มลพษทางอากาศจากยานพาหนะ ล้างห้ครุผู้สอนในระดับชั้นมัธยมศกษาปีที่ 3 เนื่องจาในระดบชั้นเรยนนี้มีการเรยนการสอนเนือหาสอดคดลวงเกยวกับเรื่องมลพษทางอากาศ ซึ่งอยในวชววทยาสาสทร (ว 305) และผู้ววจุฑกำหนดนำบทเรยน โปรแกรมที่สร้างนี้ไปทคลองใชใน โรงเรยนสันตวรชฎรววทยาถย เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร

1.5 ผลที่คาควว่าจะได้รบ

1.5.1 บทเรยน โปรแกรมคอมพวูเตอรเรยนรูดววตนเองดานลวงแวดลวง ล้างห้ครุที่สอนในระดับชั้นมัธยมศกษาตอนด้น เพื่อศกษา และชวูเสริมสร้างควมรู ความเขาใจ เรื่อง มลพษทางอากาศจากยานพาหนะ และนำควมรูไปใชสอนนักเรยนตอไป และกระตุ้นใหครุเกศควมสนใจ และสามารถพัฒนาสื่อการสอนใหแก่นักเรยน

1.5.2 สามารถนำบทเรยน โปรแกรมคอมพวูเตอรเรยนรูดววตนเองดานลวงแวดลวงนี้ไปใชเผยแพรควมรูในเรื่อง มลพษทางอากาศ ออกไปสู่ครุ และบุคคลอ่นๆ ที่เกยวข้อง

1.5.3 นักเรยนสามารถนำควมรูเรื่อง มลพษทางอากาศจากยานพาหนะ ที่ได้รบการถวูทอดจากครุผู้ศกษาบทเรยน โปรแกรมคอมพวูเตอรเรยนรูดววตนเองนี้ไปใชเป็นควมรูพื้นฐานเกยวกับมลพษทางอากาศในการดำเนนชววต

1.5.4 ปัญหามลพษทางอากาศจากยานพาหนะมเนวโน้มลดลง

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรม

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยการสร้างบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 วิกฤติมลพิษทางอากาศ
- 2.2 การศึกษาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม
- 2.3 บทเรียน โปรแกรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.1 วิกฤติมลพิษทางอากาศ

2.1.1 บรรยากาศ

บรรยากาศของโลกประกอบด้วยมวลของก๊าซต่างๆ โดยมีความหนาแน่นมากบริเวณใกล้พื้นผิวโลก และเจือจางลงในบรรยากาศที่สูงขึ้นไป ชั้นของบรรยากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวโลกถึงระดับเฉลี่ยประมาณ 12 กิโลเมตรเหนือผิวโลก เรียกว่า ชั้นโทรโปสเฟียร์ จะเป็นชั้นของบรรยากาศที่คำจุนสิ่งมีชีวิต คือ มีก๊าซออกซิเจน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของสิ่งมีชีวิต ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตบางชนิดสามารถใช้ไนโตรเจนได้ (8, 17) ส่วนปริมาตรของก๊าซต่างๆ (18) ดังแสดงในตารางที่ 2-1.

ธรณีศาสตร์ของโลกมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลง เนื่องจากกระบวนการกัดเซาะ การทับถม หรือการประทุของภูเขาไฟ น้ำระเหยเป็นไอน้ำ การก่อตัวเป็นเมฆ การควบแน่น และตกลงมาเป็นฝน ก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศถูกสิ่งมีชีวิตดูดเข้าไปใช้ในกระบวนการหายใจ และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาแทนที่อยู่ตลอดเวลา ขณะที่พืชดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศไปใช้ในการสังเคราะห์แสงอย่างต่อเนื่องเช่นกัน เห็นว่าองค์ประกอบต่างๆ ของโลกมีปฏิสัมพันธ์กัน โดยมีกระแสการแลกเปลี่ยนของวัสดุธาตุระหว่างกันอยู่เสมอ สำหรับธาตุคาร์บอน

เข้าสู่ร่างกายสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มจากกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งพืชจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในบรรยากาศพร้อมกับน้ำ ซึ่งมีธาตุไฮโดรเจน และออกซิเจนอยู่ ส่วนธาตุไนโตรเจนนั้น ถูกพืชนำไปใช้ในรูปของสารประกอบไนเตรต ซึ่งเป็นรูปของสารละลาย นอกจากแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้น เช่น แบคทีเรียที่ปมรากถั่วที่สามารถดึงดูดก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศไปใช้ได้ ส่วนธาตุที่เหลือนั้น พืชดึงดูดเข้าไปใช้ได้เมื่อธาตุเหล่านั้นอยู่ในรูปของสารละลาย เช่น ฟอสฟอรัสและซัลเฟต ซึ่งธาตุอาหารต่างๆ เหล่านี้ พืชดูดดึงไปจากดิน ขณะที่อาหารของพืชจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ แต่สัตว์ต้องอาศัยสารอินทรีย์จากพืช และสัตว์ด้วยกันเองเป็นอาหาร ทำให้เกิดการกินกันเป็นทอดๆ เรียกว่า ห่วงโซ่อาหาร (Food chain) หรือ โยอาหาร (Food web) สารอินทรีย์ที่เข้าสู่ร่างกาย ถูกย่อยสลายให้โมเลกุลเล็กลง และสามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย และถูกเผาผลาญต่อไปให้เกิดพลังงาน หรืออาจเก็บสะสมไว้ แล้วนำไปสังเคราะห์เป็นอินทรีย์โมเลกุลใหม่ ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต

ตารางที่ 2-1. องค์ประกอบของอากาศที่ระดับน้ำทะเล

ก๊าซในบรรยากาศพื้นผิวโลก	ค่าร้อยละ (โดยปริมาตร)
ไนโตรเจน	78.09
ออกซิเจน	20.94
อาร์กอน	0.93
คาร์บอนไดออกไซด์	0.0318
นีออน	0.0018
ฮีเลียม	0.00052
คริปทอน	0.0001
ซีนอน	0.000008
ไนตรัสออกไซด์	0.000025
ไฮโดรเจน	0.00005
มีเทน	0.00015
ไนโตรเจนไดออกไซด์	0.0000001
โอโซน	0.000002
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.00000002
คาร์บอนมอนอกไซด์	0.00001
แอมโมเนีย	0.000001

อย่างไรก็ตาม กลุ่มผู้ย่อยสลาย (Decomposer) ดึงพลังงานเคมีที่มีอยู่ในสารอินทรีย์ไปใช้ในกิจกรรมของชีวิตแล้วปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ ปลดปล่อยโมเลกุลของน้ำ และธาตุต่างๆ คืนกลับสู่สภาพของสารอินทรีย์อีกครั้ง เพื่อให้พืชสามารถดูดดึงไปใช้ได้ใหม่ เป็นการเกื้อหนุนให้เกิดชีวิตใหม่ขึ้นบนโลก (8, 19, 20)

2.1.2 ความสำคัญของอากาศ

ความต้องการอากาศของมนุษย์พิจารณาได้ 2 ด้าน คือ ด้านปริมาณ และด้านคุณภาพ ความต้องการอากาศสำหรับการหายใจของมนุษย์ในด้านปริมาณในแต่ละบุคคลนั้นมีความแตกต่างกันหลายองค์ประกอบได้แก่ อายุ เพศ น้ำหนักตัว หรือชนิดของกิจกรรมที่มนุษย์กำลังกระทำอยู่ เป็นต้น เช่น ปริมาณความต้องการอากาศของคนที่มีน้ำหนักตัวประมาณ 68.5 กิโลกรัม หรือ 151 ปอนด์ เพื่อประกอบกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่ การพักผ่อน การปฏิบัติงานเบาๆ และการปฏิบัติงานหนัก ซึ่งจะเห็นได้ว่าในขณะที่พักผ่อนมีความต้องการอากาศน้อยกว่าประมาณเกือบ 4 เท่าของในขณะที่ปฏิบัติงานเบาๆ และเมื่อขณะปฏิบัติงานเบาๆ มีความต้องการอากาศน้อยกว่าเมื่อขณะปฏิบัติงานหนักเกือบประมาณ 2 เท่า (18, 21) ดังตารางที่ 2-2.

ตารางที่ 2-2. ปริมาณความต้องการอากาศของมนุษย์ที่มีน้ำหนัก 68.5 กิโลกรัม

ลักษณะของกิจกรรม	ลิตร/นาที	ลิตร/วัน	กิโลกรัม/วัน
พักผ่อน	7.4	10,600	12
ปฏิบัติงานเบาๆ	28.0	40,400	45
ปฏิบัติงานหนัก	73.0	62,000	69

ที่มา : ศิริกัลยา สุจิตตานนท์ (2541)

โดยทั่วไปมนุษย์มีความต้องการอากาศเพื่อการหายใจเฉลี่ย 50 ปอนด์ หรือ 25 กิโลกรัม ต่อคนต่อวัน ถ้าเปรียบเทียบปริมาณประชากรของโลก ซึ่งมีประมาณกว่า 5,000 ล้านคนจะต้องใช้อากาศประมาณวันละ 250 พันล้านปอนด์ หรือ 125 พันล้านกิโลกรัม เมื่อเทียบกับการบริโภคอาหารของมนุษย์ ซึ่งต้องการอาหารวันละประมาณ 3 ปอนด์ หรือ 1.5 กิโลกรัม แล้วนับว่ามนุษย์มีความต้องการ การใช้อากาศเพื่อการหายใจมากกว่าความต้องการอาหารในการบริโภคถึงประมาณ 15-20 เท่า นอกจากนี้ความต้องการอากาศของมนุษย์ยังมีวัตถุประสงค์ของการใช้อีกหลายประการ

โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ประโยชน์จากอากาศในการเผาไหม้ หรือสันดาปเชื้อเพลิง เช่น การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ของรถยนต์ การเผาไหม้เชื้อเพลิง เพื่อให้ความร้อนในอุตสาหกรรมต่างๆ ฯลฯ

ความต้องการอากาศของมนุษย์ในด้านคุณภาพนั้น มนุษย์มีความต้องการอากาศบริสุทธิ์เพื่อใช้ในการหายใจ และส่วนประกอบของอากาศบริสุทธิ์ที่สำคัญที่สุดคือ ก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ในอากาศบริสุทธิ์ถึงประมาณร้อยละ 20.93 อากาศบริสุทธิ์ควรจะมียังมีองค์ประกอบของก๊าซต่างๆ ดังตารางที่ 2-1. ถ้าอากาศเกิดปนเปื้อนด้วยก๊าซ หรือสารชนิดอื่นๆ ซึ่งอาจมีอันตราย และหากมีปริมาณของก๊าซ หรือสารปนเปื้อนอื่นที่มากพอ และยังคงแขวนลอย หรือฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศเป็นระยะเวลานานพอ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาสุขภาพและการประกอบกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์

2.1.3 ความหมายของมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ปรากฏการณ์ที่บรรยากาศภายนอกมีสิ่งเจือปนอาจเป็นฝุ่นละออง ก๊าซ กลิ่นควัน หรือไอระเหย สิ่งเจือปนเหล่านี้มีปะปนอยู่ทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพ มีกำหนดระยะเวลาก่อให้เกิดอันตรายรบกวนชีวิตความเป็นอยู่อย่างปกติสุขของมนุษย์ สัตว์ พืช รวมทั้งอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน (22)

มลพิษทางอากาศ หมายถึง อากาศที่มีส่วนประกอบของสาร หรือก๊าซชนิดอื่นปนอยู่ หรือปริมาณมากกว่าที่ควรจะมีอยู่ในอากาศบริสุทธิ์ และสิ่งเจือปนเหล่านี้เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืช (23)

มลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาวะที่มีสิ่งเจือปนอยู่ในอากาศเป็นปริมาณมากจนถึงระดับที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และทรัพย์สิน ตลอดจนสัตว์ และพืชทั่วไป สิ่งเจือปนในอากาศมีอยู่หลายประเภท เช่น ก๊าซบางชนิด ฝุ่นละออง กลิ่น ควัน เขม่า และกัมมันตภาพรังสี เช่น ออกไซด์ของคาร์บอน ออกไซด์ของกำมะถัน ออกไซด์ของไนโตรเจน ไฮโดรคาร์บอน สารปรอท ตะกั่ว และ ละอองกัมมันตภาพรังสี (24)

มลพิษทางอากาศ หมายถึง การมีสิ่งแปลกปลอมอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างเจือปนอยู่ในอากาศรอบตัวเรา เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันในปริมาณสูงกว่าระดับปกติ จนทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ แลพืชพันธุ์ หรือทรัพย์สินอื่นๆ เป็นการบั่นทอนสุขภาพอนามัย สภาพของอาคารต่างๆ จะมีการผุพังทรุดโทรมเร็วกว่าปกติ (25)

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะ ซึ่งสารมลพิษถูกปล่อยเข้าสู่บรรยากาศ โดยการกระทำของมนุษย์ ทั้งโดยทางตรง และทางอ้อม เป็นปริมาณมากจนเกิดผลกระทบในทางลบต่อมนุษย์ สัตว์ พืช หรือวัสดุอื่นๆ (15)

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีการปนเปื้อนของมลสารในปริมาณที่สามารถทำให้อากาศเสื่อมสภาพ ก่อเกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม (26)

จากความหมายของ “มลพิษทางอากาศ” จากนักวิชาการข้างต้น อาจกล่าวโดยสรุปว่า มลพิษทางอากาศ หมายถึง การที่มีสิ่งแปลกปลอมอย่างหนึ่ง หรืออย่างหลายเจือปนอยู่ในอากาศ เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกัน ซึ่งมีอยู่ในปริมาณเกินกว่าระดับปกติ สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม

2.1.4 แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศ

1. เกิดตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า กัมมันตภาพรังสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติ มลพิษทางอากาศที่เกิดจากแหล่งเหล่านี้เป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมากเพราะต้นแหล่งกำเนิดอยู่ไกล และปริมาณเข้ามาสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อย

2. เกิดจากมนุษย์ทำขึ้น เช่น ของเสียที่เกิดจากท่อไอเสียของรถยนต์ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง อากาศเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือบริเวณที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาขยะเทศบาล เห็นได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศในกรุงเทพมหานคร พบว่าสารก่อมะเร็งลอยตัวอยู่ในอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันจากรถยนต์ถึง 18 ชนิด และจากงานวิจัยพบว่าตำรวจจราจรได้รับสารตะกั่วสะสมในเส้นผมสูงกว่าคนทั่วไปถึง 2 เท่า และมีปริมาณตะกั่วในโลหิต 0.042 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้พบว่าตำรวจจราจรที่อยู่บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นมีอัตราการเป็นโรคทางเดินหายใจสูงกว่าตำรวจที่อยู่บริเวณอื่นๆ (12, 15, 18, 27, 28, 29, 30)

2.1.5 มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

2.1.5.1 การเกิดมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

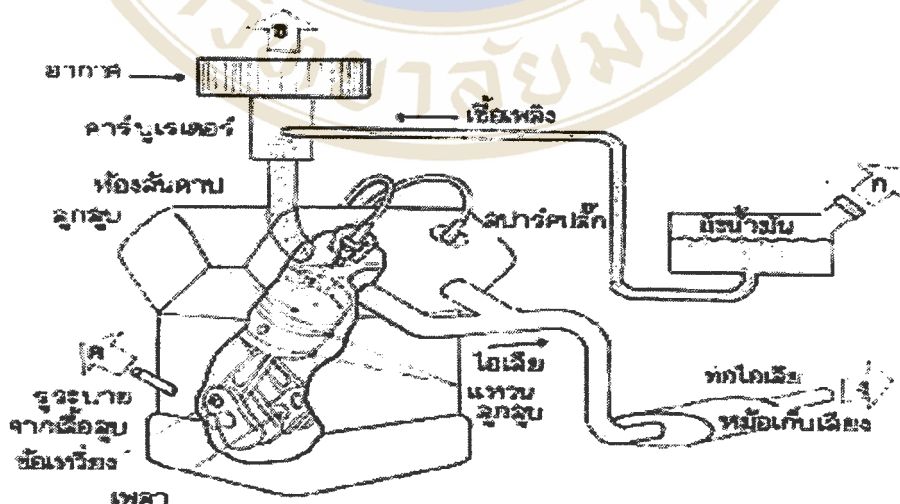
ยานพาหนะ เป็นตัวกำเนิดของมลพิษทางอากาศ ได้แก่ รถยนต์ รถประจำทาง และรถบรรทุกที่ใช้น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ยังมีรถไฟ เรือยนต์ และเครื่องบิน แต่แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สุดในกรุงเทพมหานคร คือ รถยนต์ (ตารางที่ 2-3.) เนื่องจากมีจำนวนมาก และอยู่ในบริเวณชุมชนที่มีผู้คนหนาแน่น (12, 15, 16, 27)

ตารางที่ 2-3. ปริมาณมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2522 ปริมาณที่ปล่อย ดันต่อปี

ชนิดของยานพาหนะ	อนุภาค มลสาร	ซัลเฟอร์ ไดออกไซด์	ไนโตรเจน ไดออกไซด์	ไฮโดร คาร์บอน	คาร์บอน มอนอกไซด์
มอเตอร์ไซค์	245	24	86	12,278	20,873
เครื่องยนต์ดีเซล	1,697	13,437	7,779	1,839	30,763
เครื่องยนต์ก๊าซโซลีน	1,499	405	7,720	10,868	57,711
เครื่องปั้นขึ้น-ลง	75	100	1,750	750	3,000
รวม	3,516	13,966	17,355	25,735	112,347

ที่มา : วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ (2538)

ยานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดของสารมลพิษทางอากาศต่างๆ ที่สำคัญคือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารตะกั่ว คิวบิก และฝุ่นละอองต่างๆ สารมลพิษเหล่านี้ถูกปล่อยออกมาจากส่วนต่างๆ ของรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2-1.



รูปที่ 2-1. เครื่องยนต์สันดาปภายในปล่อยมลสารจากส่วนต่างๆ ของรถยนต์ ก. ระเหยจากถังน้ำมัน ข.ระเหยจากคาร์บูเรเตอร์ ค.ไอเสียลอดเข้าเสื้อสูบและออกทางรูระบาย ง.ไอเสียจากท่อไอเสีย

ตารางที่ 2-4. ชนิดของเชื้อเพลิง และประเภทของยานพาหนะ

ลำดับที่	ชนิดของเชื้อเพลิง	ประเภทของยานยนต์
1.	น้ำมันเบนซินธรรมดา และซูเปอร์	รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รถจักรยานยนต์ชนิดเครื่องยนต์ 4 จังหวะ
2.	น้ำมันเบนซินผสมน้ำมันเครื่อง	รถจักรยานยนต์ชนิดเครื่องยนต์ 2 จังหวะ
3.	ก๊าซธรรมชาติ และ ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	รถสามล้อเครื่อง รถแท็กซี่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน
4.	น้ำมันดีเซล	รถปิกอัพ รถแวน รถบรรทุกขนาดเล็ก รถบรรทุกขนาดกลาง รถบรรทุกขนาดใหญ่ รถโดยสารประจำทาง และไม่ประจำทาง รถแทรกเตอร์

ที่มา : วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ (2538)

เมื่อสามารถจำแนกชนิดของเชื้อเพลิง และชนิดของยานยนต์ได้ ดังตารางที่ 2-4 (15) สามารถจำแนกประเภทของควัน ที่ปล่อยออกมาจากท่อไอเสียของยานยนต์ต่างๆ ได้ ดังนี้

1. รถที่ใช้น้ำมันเบนซินปล่อยไอเสียออกมาน้อย 4 ชนิด ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกาย คือ ไฮโดรคาร์บอน, ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์, สารตะกั่ว
2. รถที่ใช้น้ำมันเบนซินผสมน้ำมันเครื่องยนต์ปล่อยไอเสียออกมา 4 ชนิดที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเช่นเดียวกับจำพวกแรก แต่เพิ่มควันขาวจากการเผาไหม้น้ำมันเครื่องไม่หมด
3. รถที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ มลพิษที่เกิดจากควันท่อไอเสีย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และก๊าซไฮโดรคาร์บอน
4. รถที่ใช้น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันโซล่า ปล่อยไอเสียออกเป็นพวกเขม่าคาร์บอนผสมฝุ่นเขม่า ทำให้เกิดควันดำ มีอันตรายน้อยกว่าจำพวกที่ 1 แต่ทำให้บรรยากาศสกปรกขมุกขมัวไปหมด หายใจเข้าไปในปอดทำให้เป็นมะเร็ง หายใจติดขัด

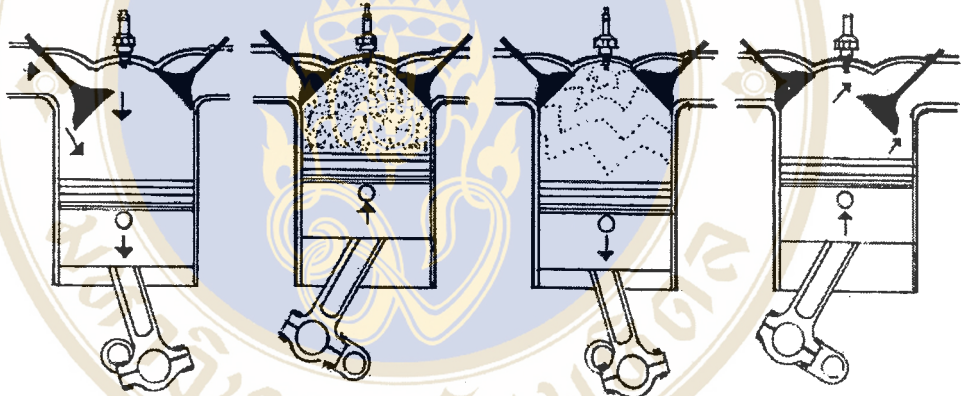
การทำงานของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ชนิดสันดาปภายใน ที่ใช้กันอยู่แบ่งออกเป็นได้ 3 ประเภท (15, 31, 32) คือ

1. เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ มีการทำงาน 4 ขั้นตอนในการที่จะจุดระเบิดเชื้อเพลิงกับอากาศเกิดพลังงานความร้อนทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นอย่างมาก และรวดเร็ว เพื่อขับลูกสูบให้

เคลื่อนที่ ขบวนการ 4 ชั้น คือ ดูดไอดี อัดส่วนผสม ถ่ายทอดกำลัง และปล่อยไอเสีย หรือจังหวะกาย ดังรูปที่ 2-2 โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้

- ก. จังหวะดูดไอดี ลูกสูบเคลื่อนที่ลง ลิ้นไอดีเปิด ทำให้อากาศภายนอกถูกดูดผ่านคาร์บูเรเตอร์ และดูดเชื้อเพลิงเข้าไปผสม แทนที่ช่องว่าง โดยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมแก่การเผาไหม้ คือ ประมาณ 14.5 : 1 โดยน้ำหนัก
- ข. จังหวะอัด เมื่อลูกสูบลงสุดแล้ว ลิ้นไอดีปิด แรงจากเพลาดันลูกสูบขึ้นอัดส่วนผสมอากาศ และเชื้อเพลิง ให้เหลือประมาณ 8.5 : 1 ถึง 10 : 1 หัวเทียนจะจุดระเบิดด้วยประกายไฟ เมื่อลูกสูบขึ้นเกือบสูงสุด อัตราส่วนของปริมาตรส่วนผสมที่จุดนี้ เทียบกับปริมาตรเมื่อลูกสูบลงต่ำสุด เรียกว่า อัตราส่วนแรงอัด (Compression Ratio-CR) มีความร้อนสูงขึ้นตั้งแต่ 400-500 องศาเซลเซียส



ก.จังหวะดูด ข.จังหวะอัด ค.จังหวะระเบิด ง.จังหวะปล่อยไอเสีย

รูปที่ 2-2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ

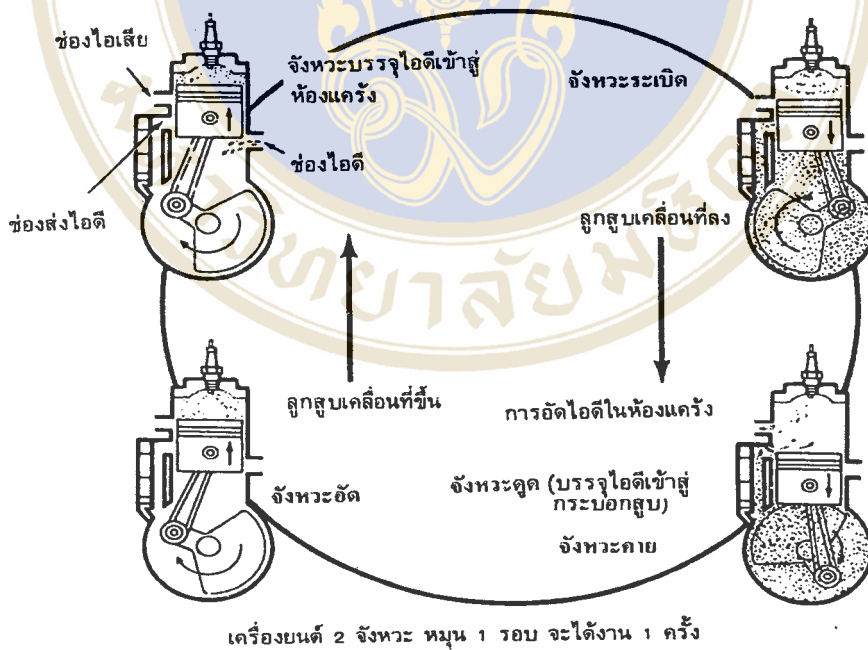
- ค. จังหวะระเบิด และถ่ายทอดกำลัง เป็นการจุดระเบิดหัวเทียนจะให้ประกายไฟ เพื่อจุดระเบิด ไอดีที่ร้อนจัดเป็นการเผาไหม้ หรือการเกิดสันดาปในเครื่องยนต์ ก๊าซเกิดการเพิ่มปริมาณ และขยายตัวอย่างรวดเร็ว ประมาณ 40-45 บรรยากาศ ดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาขับเพลาคำเครื่องทำให้เครื่องเดิน
- ง. จังหวะปล่อยไอเสีย เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ต่ำลงจนสุด ลิ้นไอเสียเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจึงดันเอาไอเสียผ่านลิ้นไอเสียออกไปตามท่อไอเสียจนลูก

สูบเคลื่อนที่ขึ้นด้วยแรงเหวี่ยงของเพลลา จนลูกสูบเคลื่อนขึ้นบนสุด ลิ้นไอดีปิด ลิ้นไอดีจึงเปิดพร้อมที่จะเริ่มการทำงานในจังหวะใหม่ต่อไป

เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะพบในรถยนต์นั่งทั่วๆ ไป และในรถจักรยานยนต์บางยี่ห้อ เช่น HONDA และ KAWASAKI บางรุ่น เป็นต้น

2. เครื่องยนต์ 2 จังหวะ จะมีการทำงานเหมือนกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือ มีการดูดไอดี อัดไอดี จุดระเบิด และถ่ายไอเสีย แต่การทำงาน เพื่อให้ครบวงจรนี้ เพลลาหัวเหวี่ยงจะหมุนเพียง 1 รอบต่อวงจร หรือลูกสูบเคลื่อนขึ้นลง 2 ครั้ง ในขณะที่เครื่องยนต์ 4 จังหวะนั้น เพลลาจะเคลื่อนที่ 2 รอบ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 2-3 โดยสังเกตเห็นว่าเครื่องยนต์เบนซิน 2 จังหวะจะไม่มีลิ้นไอดี และไอเสียจะใช้ลูกสูบทำหน้าที่แทน มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ก. เมื่อลูกสูบเคลื่อนขึ้นไปตำแหน่งสูงสุดอัดอากาศผสมเชื้อเพลิง ขณะนั้นช่องไอดีจะเปิดพร้อมกับใน Crankcase จะเกิดสุญญากาศดึงเอาไอดีเข้าไปใน Crankcase



รูปที่ 2-3 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

- ข. เมื่อหัวเทียนจุดระเบิดก็ดันลูกสูบลงมา เมื่อลงมาได้ช่วงหนึ่ง ช่องไอเสียจะเปิดระบายให้ไอเสียออกไปส่วนหนึ่ง
- ค. เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาอีก ช่วง Transfer port ซึ่งต่อจาก Crankcase (มีไอดีพักอยู่ในขั้นตอน ก.) จะเปิดทำให้ไอดี ซึ่งถูกลูกสูบอัดกลับมายัง Crankcase ดันเข้าไปในกระบอกสูบเข้าไปไล่อไอเสียออกจากกระบอกสูบเป็นส่วนมาก
- ง. จากนั้นลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นไปในจังหวะอัดพร้อมกับดูดไอดีเข้าไปใน Crankcase ต่อไป

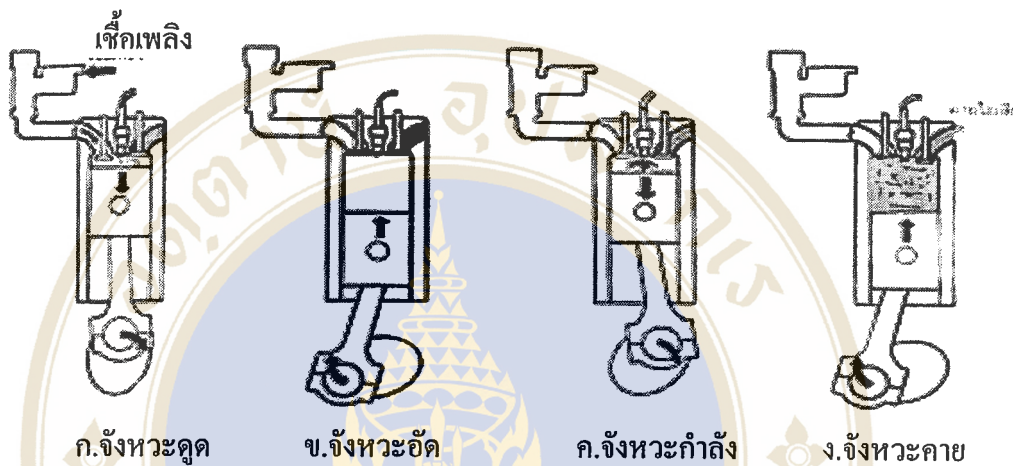
ข้อดีของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือ ให้กำลังดี น้ำหนักเบากว่าเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ แต่ข้อเสียที่สำคัญคือ ประสิทธิภาพต่ำ ปลายจังหวะของการคายไอเสียจะมีไอดีปะปนออกมา ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นควันสีขาว หรือสีเทา และเกิดความลำบากในระบบการหล่อลื่นในเครื่องยนต์ ทำให้มีการเติมน้ำมันหล่อลื่นร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เหล่านี้เพื่อการหล่อลื่นผนังลูกสูบ ทำให้มีไฮโดรคาร์บอน ซึ่งไม่เผาไหม้เพิ่มขึ้น ในไอเสียเครื่องยนต์ 2 จังหวะที่ใช้คาร์บูเรเตอร์มีข้อเสียเพิ่มขึ้นคือ ใช้น้ำมันมาก

3. เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ มีการทำงานคล้ายกับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ แต่ก็มีหลักการการทำงานที่ต่างจากเครื่องยนต์เบนซิน คือ ในเครื่องยนต์ดีเซลจะดูดเพียงอากาศเปล่าๆ เข้าไปอัดอากาศจนมีแรงดันสูง แล้วฉีดน้ำมันให้เป็นฝอยละเอียดเข้าไปในห้องเผาไหม้ (ซึ่งทำให้เครื่องยนต์ดีเซลไม่มีคาร์บูเรเตอร์) น้ำมันเชื้อเพลิงที่อัดเข้าไปจะสันดาปเอง โดยไม่ต้องการประกายไฟจากหัวเทียน ได้พลังงานออกมา ดังขั้นตอนต่อไปนี้

- ก. จังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ลง ลี้นไอดีจะเปิดดูดเอาอากาศเปล่าๆ เข้ามาในกระบอกสูบ และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจุดต่ำสุดลิ้นไอดีก็จะปิด
- ข. จังหวะที่อัด ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น ลี้นไอดีและลิ้นไอเสียปิด อัดอากาศให้มีปริมาตรเล็กจนมีอัตราอัด ตั้งแต่ 14 : 1 ถึง 22 : 1 ซึ่งจะทำให้แรงดันสูงขึ้นตั้งแต่ 30-45 บรรยากาศ และความร้อนสูงขึ้น 500-700 องศาเซลเซียส
- ค. จังหวะกำลัง ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงจุดสูงสุด ปี่มหัศจรรย์จะเริ่มป้อนน้ำมันให้ฉีดออกจากหัวฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ จากความร้อนของอากาศที่อัดทำให้น้ำมันจุดระเบิดเอง โดยไม่ต้องใช้หัวเทียนเหมือนเครื่องยนต์เบนซิน ทำให้เกิดแรงดันสูงขึ้นถึง 60-80 บรรยากาศ ดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงอย่างรวดเร็ว

ง. **จังหวะคาย** เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงมาถึงเกือบถึงจุดต่ำสุด ลิ้นไอเสียเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจะไล่ไอเสียออกไป ดังรูปที่ 2-4

ข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะคือ หากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ (จังหวะกำลัง) เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไอน้ำระเหยออกทางท่อไอเสีย



รูปที่ 2-4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

2.1.5.2 มลพิษที่สำคัญจากยานพาหนะ

มลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่เกิดจากรถยนต์ร้อยละ 80 นอกจากนี้เกิดจากควัน และเขม่าจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ร้อยละ 10 และเกิดจากส่วนอื่น ๆ อีกร้อยละ 10 เช่น การเผาขยะ การก่อสร้าง เป็นต้น มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะนี้ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม (15, 16, 27, 29, 31) ดังนี้

1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี และไม่มีกลิ่น เกิดจากรถใช้น้ำมันเบนซิน เป็นสำคัญ โดยเฉพาะรถเครื่องยนต์เก่าทรุดโทรม เนื่องจากอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ คือในกรณีการเผาไหม้สมบูรณ์ คาร์บอน 1 อะตอม จะรวมกับออกซิเจน 2 อะตอม เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เมื่อคาร์บอนรวมตัวกับออกซิเจนเพียงอะตอมเดียว จึงกลายเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลระบายคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาน้อย

2. สารตะกั่ว เป็นสารที่เติมลงไป

เป็นสารที่เติมลงไปน้ำมันเบนซินเพื่อให้เครื่องยนต์เดินเรียบไม่กระตุก สารนี้เมื่อถูกสันดาปจะกลายเป็นตะกั่วออกไซด์ หรือตะกั่วฮาไลด์ ระบายออกสู่บรรยากาศพร้อม

กับไอเสียที่พุ่งออกจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ประมาณกันว่ามีตะกั่วฟุ้งสู่บรรยากาศประมาณวันละ 5 ตัน แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเริ่มมีมาตรการใช้น้ำมันไร้สารตะกั่วแล้ว จึงทำให้ปริมาณตะกั่วในอากาศลดลง

3. ไนโตรเจนออกไซด์ เป็นก๊าซที่เกิดจากการสันดาป ยิ่งการเผาไหม้ดีเท่าใดไนโตรเจนในบรรยากาศก็จะรวมกับออกซิเจนเป็นไนโตรเจนออกไซด์ได้เท่านั้น เมื่อพยายามลดปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลงก็จะกลับเป็นการเพิ่มปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนขึ้น ไนโตรเจนออกไซด์จึงเป็นเช่นเดียวกับคาร์บอนไดออกไซด์ คือ ไม่สามารถขจัดไปได้

4. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นมลพิษที่ระบายออกจากเครื่องยนต์ดีเซลเป็นสำคัญ เนื่องจากมีกำมะถันปะปนอยู่ในน้ำมันดีเซล ในประเทศไทยมีกำมะถันในน้ำมันประมาณร้อยละ 0.5 กำมะถันในน้ำมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในขณะที่สันดาปกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประมาณว่ารถบรรทุกขนาดใหญ่ระบายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาประมาณ 2.28 กรัม/กิโลเมตร/คัน รถบรรทุกขนาดเล็กประมาณ 1.58 กรัม/กิโลเมตร/คัน

5. ไฮโดรคาร์บอน เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แล้วระบายออกในสารประกอบรูปเดิมของมัน เพราะน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นโดยพื้นฐานแล้ว คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในกรณีนี้เกิดจากบริเวณผนังของเสื้อสูบถูกล้อเย็นจนละอองน้ำมันบริเวณนั้นไม่เผาไหม้ หรือเกิดจากมีสัดส่วนอากาศน้อยเกินไป ก็ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อน และละอองน้ำมันไม่เกิดสันดาปเช่นเดียวกัน

รถที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล จะระบายไฮโดรคาร์บอนออกน้อย เพราะห้องสันดาปมีอากาศอัดอยู่มาก และอุณหภูมิสูง รถจักรยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบ 2 จังหวะ ระบายไฮโดรคาร์บอนออกมากที่สุด คือ ประมาณ 4 เท่าของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ทั้งนี้เพราะช่วงคายไอเสียกับดูดไอดีใกล้เคียงกันมาก หรือการใช้ไอดีไล่ไอเสีย ทำให้ไอดีจำนวนมากได้ลอดออกทางช่องระบายไอเสียพร้อมกับไอเสีย ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะนั้น รถที่ใช้ก๊าซเหลวจะระบายไฮโดรคาร์บอนมากกว่าที่ใช้น้ำมันเบนซิน (12, 15, 16, 21)

2.1.6 ผลเสียของมลพิษทางอากาศ

1. การบดบังแสงสว่าง

การเกิดมลพิษทางอากาศอันเนื่องมาจากสารพิษ หรือสารปนเปื้อน ซึ่งเป็นพวกหมอกควัน หมอกผสมควัน หรือโอควัน หรือฝุ่น นอกจากนี้ยังก่อสารทุติยภูมิอันเนื่องมาจากก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซไฮโดรคาร์บอน และไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดหมอกผสมควัน

(Smog) ในปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล และไนโตรเจนไดออกไซด์บดบังแสงได้เนื่องจากมีสี และยังมีคุณสมบัติในการดูดซับแสงได้อีกด้วย หรือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นสารไม่มีสี แต่ถ้าอากาศในบรรยากาศมีความชื้นประมาณร้อยละ 5 ในขนาดความเข้มข้นประมาณ 285 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ (20) จะทำให้เกิดกรดซัลฟิวริก หรือเกิดซัลเฟตอื่นๆ สามารถลดการมองเห็นได้ในระยะไกลเกินกว่า 8 กิโลเมตร สารมลพิษเหล่านี้จึงมักก่อให้เกิดปัญหาในการบดบังแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมาถึงพื้นผิวโลก ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้แก่ การคมนาคมขนส่ง ทักษะภาพไม่สวยงาม (15, 16, 20, 21)

2. การทำลายวัสดุสิ่งของ

การเกิดสารปนเปื้อน หรือสารมลพิษในอากาศอาจทำให้เกิดการทำลายวัสดุสิ่งของ หรือสิ่งแวดล้อมต่างๆ (15, 16, 20, 21) ได้แก่

- ทำลาย หรือทำความเสียหายแก่โลหะ เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ทำให้ลวดสปริงเสียรูปทรง หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 80 มักกัดกร่อนวัสดุที่ทำด้วยเหล็กสังกะสี ทองแดง
- ทำลาย หรือทำความเสียหายแก่เสื้อผ้า โดยสารมลพิษที่สำคัญคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ โอโซน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยทำให้เสื้อผ้าเกิดเนื้อผ้าอ่อนนุ่ม หรือเปราะเปื้อน หรือเกิดการเปลี่ยนสี
- ทำลาย สีทาพื้นผิวต่างๆ โดยสารมลพิษที่สำคัญคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ โอโซน และสารประกอบซัลเฟอร์
- ทำลายระบบนิเวศ เนื่องจากการแทรกซึมของสารมลพิษเข้าทางใบทำลายเซลล์พืช และอุดตันทางผ่านของแสงอาทิตย์ไม่ให้ผ่านต้นไม้ และเป็นการเพิ่มสารเคมีใหม่ให้แก่ต้นไม้ หรือดิน เป็นการทำลายแหล่งผลิตที่สำคัญของระบบนิเวศ แต่การดูดซึมสารมลพิษของต้นไม้ก็เป็น การช่วยลดมลพิษทางอากาศได้

3. การทำลายพืช

สารมลพิษบางชนิดอาจทำลายส่วนต่างๆ ของพืช ได้แก่ ใบ ลำต้น หรือดอก (15, 16, 20, 21) เช่น

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้เกิดพิษเรื้อรังต่อพืชด้วยการเปลี่ยนสีของเนื้อเยื่อใบของพืชจนค่อยๆ กลายเป็นสีเหลือง หรือเกิดคลอโรซิส (Chlorosis) เป็นการสูญเสียคลอโรฟิลล์ ทำให้ต้นไม้ไม่เจริญเติบโต หรือหากต้นไม้ได้รับในปริมาณมากอาจทำให้เกิดพิษเฉียบพลัน คือ ทำให้

เนื้อเยื่อของต้น ไม้แห้งกลายเป็นสีเทา และสีน้ำตาล ซึ่งปริมาณของสารมลพิษดังกล่าวสัมพันธ์กับระยะเวลาที่ต้น ไม้สัมผัสกับสารนั้น เช่น ขนาดประมาณ 3.58 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ระยะเวลาสัมผัสนานกว่า 1 ชั่วโมง

- ไนโตรเจนไดออกไซด์ทำให้เกิดแผลที่ใบของพืชที่ขนาดมากกว่า 4.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ และทำให้เกิดพิษเฉียบพลันเมื่อได้รับ ไนโตรเจนประมาณ 18.8-28.2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ระยะเวลาสัมผัสนาน 1 ชั่วโมง

4. เกิดผลเสียต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ และสัตว์เลี้ยง

- ไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยาโฟโตเคมีกลายเป็นหมอกผสมควัน ซึ่งประกอบด้วยไอโซน และออกซิเจนต่าง ๆ ก่อให้เกิดความระคายเคืองตา

- คาร์บอนมอนอกไซด์มีอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์มาก เพราะเมื่อหายใจเข้าไปทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ถ้ามีปริมาณมากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ จะสามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษสูง โดยจะมีอาการตั้งแต่ระดับอ่อนไปจนถึงขั้นทำให้ตายได้ เช่น เกิดอาการเครียด หายใจเร็วกว่าปกติ เวียนศีรษะ กล้ามเนื้ออ่อนเพลีย อาเจียน เป็นลม ชักกระตุก หหมดสติเข้าขั้น โคม่า จนถึงตาย

- ออกไซด์ของไนโตรเจนมีความเป็นพิษต่อมนุษย์ โดยเฉพาะไนโตรเจนไดออกไซด์ได้รับปริมาณ 20.5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ระยะเวลาสัมผัสประมาณ 8 ชั่วโมงจะทำลายปอดทำให้ปอดบวม และขนาด 41.1-61.61 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ทำให้ตายได้

- ออกไซด์ของซัลเฟอร์ เมื่อหายใจเข้าไปจะแพร่ฟุ้งกระจายเข้าสู่กระแสเลือดได้ทันที และหากได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ขนาดประมาณ 14-36 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ จะมีพิษทำให้เกิดความระคายเคืองต่อตา และระบบหายใจ ยิ่งถ้าเกิดการรวมตัวกับเขม่าจะยิ่งทำให้เกิดพิษรุนแรง

5. การเกิดผลเสียต่อสุขภาพจิตใจ

สารปนเปื้อนเหล่านี้ อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านจิตใจ เช่น สารที่มีสี กลิ่น ได้แก่ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น เมื่อมีการสัมผัสสารเหล่านี้ตลอดเวลา ก็ย่อมมีผลกระทบต่อความรู้สึกของคน เช่น เกิดกลิ่นเหม็น ในขณะที่เดินทางไปเรียนหรือทำงาน ทำให้มีศีรษะ และเกิดความเครียด เป็นต้น ความรู้สึกด้านจิตใจนี้อาจค่อยเป็นค่อยไปสะสมความรู้สึกดังกล่าวไว้ในระยะเวลานานจนอาจก่อให้เกิดปัญหาด้านจิตใจที่จำเป็นต้องให้การป้องกัน ควบคุม และรักษาไม่ให้เกิดปัญหาดังกล่าว (15, 16, 20, 21)

6. ผลกระทบในด้านอื่นๆ

ปัจจุบันมีการใช้เชื้อเพลิงทั้งถ่านหิน และน้ำมันเชื้อเพลิงในอัตราสูงมาก ทำให้เกิดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยออกมาสู่บรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้เป็นก๊าซที่ไม่ไวต่อปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ทำให้คงตัวอยู่ได้ในบรรยากาศ นอกเหนือจากส่วนที่ละลายไปกับน้ำ หรือถูกใช้ไปในการสังเคราะห์แสง และเมื่อมนุษย์ได้ทำลายป่าไม้ โดยเฉพาะป่าดิบชื้น และป่าชายเลน ซึ่งมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงกว่าระบบนิเวศประเภทอื่นๆ ลงเป็นจำนวนมาก ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพื้นผิวโลกลดลง ทำให้อัตราการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ดังนั้นจึงมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้มีคุณสมบัติในการดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์มายังโลกได้ และเมื่อพลังแสงอัลตราไวโอเล็ตเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนสะท้อนกลับออกไปจากพื้นโลก จะถูกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดูดซับ และกักเก็บรังสีความร้อนไว้ ทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก หรือ Greenhouse effect ซึ่งผลจากปรากฏการณ์นี้ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้น ทำให้น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกละลาย ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำทะเลสูงขึ้น และเกิดปัญหาน้ำท่วมในที่ลุ่มต่ำที่อุดมสมบูรณ์ และเป็นที่อยู่อาศัยของมนุษย์จำนวนมาก นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมมีการปล่อยคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (Chlorofluorocarbon หรือ CFC) ซึ่งใช้ในการผลิตกระป๋องสเปรย์ และในกระบวนการอุตสาหกรรมหล่อเย็น อุตสาหกรรมทำโฟม และอุตสาหกรรมอื่นๆ รวมทั้งใช้ในการทำความสะอาดชิ้นส่วนเล็กๆ ของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ สารนี้เป็นก๊าซเฉื่อยมีความคงตัวสูง สามารถลอยอยู่ในบรรยากาศจนถึงชั้นโอโซน ซึ่งอยู่เหนือพื้นโลกในระดับ 15-60 กิโลเมตร และสารตัวนี้จะทำปฏิกิริยากับโอโซนทำให้โมเลกุลของโอโซนกลายเป็นออกซิเจน และสารประกอบอื่นๆ ซึ่งทำให้ชั้นโอโซนเบาบางลง และเมื่อมีการสะสมของสารประเภทนี้มากๆ ทำให้เกิดเป็นช่องโหว่ของโอโซน ซึ่งเหตุนี้ทำให้ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์สามารถผ่านชั้นโอโซนมายังโลกได้มากขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตใน โลกทั้งต่อทางผิวหนังทำให้เป็นมะเร็งที่ผิวหนัง และมีผลต่อสายตา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศอีกด้วย

2.1.7 แนวทางการแก้ปัญหา และการป้องกันจากมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

ปัจจุบันรัฐได้ดำเนินการเพื่อการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ ทั้งในด้านการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ มาตรฐานคุณภาพมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด มาตรฐานคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่น หรือการส่งเสริมการใช้น้ำมันไร้สารตะกั่ว การติดตั้งอุปกรณ์กรองไอเสียจากรถยนต์ การตรวจสภาพมลพิษจากยานพาหนะก่อนการต่อทะเบียน การควบคุมปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือการรณรงค์ และประชาสัมพันธ์ให้ร่วมกันลดมลพิษ แต่สามารถแก้ไขได้เพียงระดับหนึ่งเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมป้องกัน และแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศยังขาดความเป็นเอกภาพมีหลายหน่วยงานรับผิดชอบ การประสานการปฏิบัติการยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ หน่วยงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบ และควบคุมการระบายมลพิษทางอากาศยังขาดอุปกรณ์ และบุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญด้านการตรวจวัด และจัดระบบฐานข้อมูล การตรวจสอบ และตรวจจับยานพาหนะไม่มีประสิทธิภาพ การศึกษา และการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อลดมลพิษทางอากาศ เช่น รถสามล้อไฟฟ้า รถเมล์ไฟฟ้า รถจักรยานไฟฟ้า ยังไม่สามารถพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้ และประการสำคัญการขาดการรณรงค์ และประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องที่จะให้ประชาชน และผู้ใชยานพาหนะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการช่วยลดมลพิษทางอากาศ (1)

ดังนั้นสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจึงมีนโยบาย และแนวทางดำเนินการด้านมลพิษทางอากาศ (1) ดังนี้

1. เร่งรัดการลดมลพิษทางอากาศ อันเนื่องมาจากยานพาหนะ อุตสาหกรรม และกิจกรรมการก่อสร้าง และการขนส่ง
2. รักษาคุณภาพอากาศในพื้นที่ให้มีคุณภาพอากาศเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ไม่ให้เสื่อมโทรมลงไปจนเกินเกณฑ์มาตรฐาน
3. ส่งเสริม และสนับสนุนการใช้ระบบขนส่งที่มีมลพิษน้อย
4. ส่งเสริมให้ภาครัฐ ภาคเอกชน และประชาชนทั่วไป ทั้งที่เป็นผู้ก่อมลพิษ ผู้ได้รับมลพิษ ได้มีส่วนร่วมในการรักษาคุณภาพอากาศ

แนวทางดำเนินการ

1. แนวทางด้านจัดการ

- 1.1 กำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมแยกจากแหล่งชุมชน และที่อยู่อาศัย โดยการใช้ผังเมืองรวมที่กำหนดไว้อย่างจริงจัง รวมทั้งให้มีการรายงาน

- ผลการ ทำงานของระบบ หรืออุปกรณ์ และเครื่องมือในการควบคุมการ
ระบายมลพิษทาง อากาศจากอุตสาหกรรมตามที่กำหนด
- 1.2 ติดตาม ตรวจสอบ วิเคราะห์ และจัดทำฐานข้อมูลคุณภาพอากาศใน
บรรยากาศทั่วไป และการระบายสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดอย่าง
ต่อเนื่อง
 - 1.3 กำหนดมาตรการป้องกัน และจัดทำแผนฉุกเฉิน หรือเหตุฉุกเฉินจากภาวะ
มลพิษทางอากาศ
 - 1.4 ให้หน่วยงานราชการส่วนท้องถิ่นจัดทำแผนหลัก และแผนปฏิบัติการเพื่อลด
มลพิษทางอากาศในท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง
 - 1.5 ควบคุม และลดการใช้สารที่เป็นอันตรายต่อบรรยากาศชั้นโอโซน
 - 1.6 ส่งเสริมการลงทุน และใช้มาตรการด้านภาษี เพื่อส่งเสริมกิจกรรม หรือ
อุปกรณ์ เครื่องมือที่มีส่วนในการแก้ไข และป้องกันมลพิษทางอากาศ
2. แนวทางการลงทุน
- 2.1 ส่งเสริม และสนับสนุนให้มีการปรับปรุง หรือเพิ่มมาตรฐานเชื้อเพลิงให้ได้
มาตรฐานสากล รวมทั้งส่งเสริมการเลิกใช้เชื้อเพลิงที่มีสารพิษ
 - 2.2 ส่งเสริมการสร้างระบบขนส่งมวลชนในเมืองใหญ่ และระหว่างเมืองที่มีประ
สิทธิภาพ สร้างระบบขนส่งโดยทางรถไฟ รวมทั้งจัดสร้าง และปรับปรุง
ระบบถนน และทางด่วน เพื่อเพิ่มผิวการจราจรให้มากขึ้น
 - 2.3 ปรับปรุงถนนผ่านหมู่บ้านในชนบททุกหมู่บ้าน และถนนทางเข้าออกหมู่บ้าน
เป็นระยะทาง 1,000 เมตร จากทางเข้าออกให้เป็นถนนลาดยางแอสฟัลต์ หรือ
ถนนคอนกรีต และสนับสนุนให้ท้องถิ่นสามารถกวาดถนน คู่อุ่น และล้าง
ถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. แนวทางด้านกฎหมาย
- 3.1 กำหนดประเภท และปรับปรุงมาตรฐานต่างๆ ทั้งมาตรฐานทั่วไป และมาตร
ฐานจากแหล่งกำเนิด รวมทั้งกำหนดวิธีการตรวจวัดให้ได้ตามมาตรฐานสากล
และให้มีการบังคับใช้กฎหมายต่อผู้ฝ่าฝืนอย่างเคร่งครัด
 - 3.2 กำหนดประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษที่ต้องควบคุมการระบายอากาศเสีย
และกลิ่นออกสู่บรรยากาศ รวมทั้งกำหนดมาตรฐานควบคุมมลพิษทางอากาศ
และกลิ่นจากแหล่งกำเนิดให้เหมาะสม

2.2 การศึกษาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

การศึกษาเป็นเรื่องที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ทุกยุคทุกสมัย เนื่องจากการศึกษาช่วยพัฒนาความคิดของมนุษย์ และเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ เช่น การปฏิวัติด้านอุตสาหกรรม การพัฒนาด้านเทคโนโลยีต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกสบายแก่มนุษยชาติ การให้การศึกษาพื้นฐานแก่เยาวชน โดยเฉพาะการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมจะเป็นการปูพื้นฐานในด้านความคิด และส่งเสริมพัฒนาการด้านต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เยาวชนมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถคิดแบบวิทยาศาสตร์ โดยสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทางด้านสิ่งแวดล้อมจะมีผลกระทบมาถึงตัวของเขาเองอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (4) และสามารถหาวิธีการจัดการ และป้องกันแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันได้

2.2.1 ความเคลื่อนไหวด้านสิ่งแวดล้อมในต่างประเทศ

เมื่อปี ค.ศ. 1972 องค์การสหประชาชาติได้จัดการประชุมว่าด้วยเรื่อง “สิ่งแวดล้อมของมนุษย์ (The Human Environment)” ที่กรุงสต็อกโฮล์ม ประเทศสวีเดน ผลสำเร็จของการประชุมนี้คือการจัดตั้งโครงการสถานะแวดล้อมแห่งชาติ (The United Nations Environment Programme: UNEP) และในปี ค.ศ. 1975 องค์การการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) ร่วมมือกับโครงการสถานะแวดล้อมแห่งชาติจัดประชุมปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมขึ้นที่กรุงเบลเกรด ประเทศยูโกสลาเวีย โดยมีจุดประสงค์สำคัญคือ เพื่อเรียกร้องให้ประเทศต่างๆ ร่วมมือกันในการจัดการสิ่งแวดล้อมศึกษาให้แก่ประชาชนในประเทศของตน และได้มีการประกาศปฏิญญาสากลเบลเกรด หรือกฎบัตรเบลเกรด (The Belgrade Charter) ขึ้น เพื่อแสดงถึงความจำเป็นอย่างรีบด่วนของสิ่งแวดล้อมศึกษาในอันที่จะพัฒนาความเข้าใจของคนทั่วโลกเกี่ยวกับระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และศีลธรรม (2, 8, 10) นอกจากนี้กฎบัตรเบลเกรดยังวางโครงสร้างสำหรับหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาจากพื้นฐานความเป็นจริงของสภาพแวดล้อมอีกด้วย ซึ่งเป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายของสิ่งแวดล้อมศึกษา และแนวทางในการให้การศึกษา สรุปได้ว่า “สิ่งแวดล้อมศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาประชากรให้ตระหนักถึงปัญหา และห่วงใยสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการทำให้ประชาชนมีความรู้ มีทักษะ มีเจตคติ มีความกระตือรือร้นที่จะทำงาน ทั้งที่เป็นรายบุคคล และร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่เกิดขึ้น และเพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาขึ้นอีก” ซึ่งเห็นได้ว่า สิ่งแวดล้อมศึกษามีเป้าหมายชัดเจนที่จะนำสังคมออกไปจากปัญหาที่เผชิญอยู่ในปัจจุบัน (2, 8) ดังเช่น

หลังจากมีเหตุการณ์เกิดหมอกควันขึ้นในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ หลังจากนั้น รัฐจึงให้ความสนใจ และปฏิบัติอย่างจริงจังในด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษา ได้ขยายไปสู่การเรียนทั้งในชั้นประถม และมัธยมอย่างกว้างขวางจนในปัจจุบัน ประเทศอังกฤษน่าจะได้ชื่อว่าเป็นผู้นำเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษาของโลกเนื่องจากได้มีวิวัฒนาการ และมีความก้าวหน้าในการจัดการเรียนการสอนมากกว่าประเทศอื่นๆ

ส่วนประเทศออสเตรเลีย สิ่งแวดล้อมศึกษาได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลกลาง และรัฐต่างๆ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984 รวมทั้งกลุ่มคน และองค์กรเอกชนต่างให้การสนับสนุน และมีกิจกรรมที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมศึกษากลุ่มเป้าหมายต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

ในประเทศจีน สิ่งแวดล้อมศึกษาได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล แต่เป็นการศึกษาที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมสอดแทรกอยู่ในหลายๆ วิชา เช่น วิชาธรรมชาติศึกษา ภูมิศาสตร์ ชีววิทยา และฟิสิกส์ เป็นต้น ซึ่งอยู่ในหลักสูตรของประถม และมัธยมศึกษา นอกจากนี้รัฐยังให้การสนับสนุนกิจกรรมด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานอกระบบ (33)

2.2.2 ความเคลื่อนไหวด้านสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทย การศึกษาที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมอยู่ในวิชาธรรมชาติศึกษาของหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2491 และมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรเดิมเป็นหลักสูตรการศึกษาแผนใหม่ พุทธศักราช 2503 ที่เรียกว่า การศึกษาแบบพิพัฒนาการ ซึ่งบรรจุเรื่องการสอนทรัพยากรธรรมชาติไว้ในวิชาวิทยาศาสตร์เบื้องต้น และสังคมศึกษาในระดับประถมศึกษา (2, 33) แต่เนื่องจากกระบวนการเรียนการสอนมุ่งการให้ความรู้ด้วยการท่องจำจึงไม่บรรลุจุดหมายสำคัญในการสร้างเจตคติที่ถูกต้อง อันจะมีผลต่อเนื่องไปถึงการปฏิบัติที่ถูกต้อง และได้มีการเคลื่อนไหวด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยต่างๆ ในปี พ.ศ. 2513 และ 2516 ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้ประชาชนมาสนใจปัญหาสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงมีการจัดตั้งโครงการการศึกษาและสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้เกิดการปฏิรูปการศึกษาขึ้นเรียกว่า “การปฏิรูปการศึกษาเพื่อชีวิตและสังคม” กระทรวงศึกษาธิการจึงเปลี่ยนแปลงหลักสูตรเดิมมาเป็นหลักสูตรการศึกษา พุทธศักราช 2521 (2) ซึ่งมีการสอดแทรกเนื้อหาสิ่งแวดล้อมศึกษาไว้ในหลักสูตรการศึกษาทุกระดับทั้งนอก และในระบบโรงเรียน ดังจะเห็นได้จากหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 มีเนื้อหาด้านสิ่งแวดล้อมในวิชาวิทยาศาสตร์และสังคม ส่วนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 และหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ได้สอดแทรกเนื้อหาทางด้านสิ่งแวดล้อมในวิชาบังคับวิทยาศาสตร์ และวิชาบังคับสังคมศึกษา แต่การปฏิบัติแบบรูปธรรมได้เริ่มขึ้นเมื่อกระทรวงศึกษาธิการได้

รับความช่วยเหลือจากองค์การยูเสด (USAID) สหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2532 ให้จัดทำแผนแม่บทสิ่งแวดลอมศึกษาขึ้น และแผนแม่บทนี้ได้ใช้เป็นต้นแบบ (7) และใช้อ้างอิงในการจัดสิ่งแวดลอมศึกษามาแล้ว แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนบุคลากรผู้ชำนาญ และความไม่พร้อมของครูผู้สอน ทำให้เกิดปัญหาด้านกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดลอมจนปัจจุบันนี้(5, 6)

หลักสูตรที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พ.ศ. 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) หลักสูตรเหล่านี้ได้นำเอาวิชาสิ่งแวดลอมศึกษาบรรจุเข้าไปในหลักสูตร โดยหลักสูตรประถมศึกษาได้บูรณาการสิ่งแวดลอมศึกษาเข้าไปอยู่ในกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต และแทรกอยู่ในกลุ่มสร้างเสริมลักษณะนิสัย ส่วนหลักสูตรมัธยมศึกษา วิชาด้านสิ่งแวดลอมจะแทรกอยู่ในวิชาวิทยาศาสตร์ และสังคมศาสตร์เป็นส่วนใหญ่ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้มีวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดลอม (ว 411) ซึ่งเป็นวิชาเดียวทางด้านสิ่งแวดลอมโดยตรง แต่ก็ไม่ครอบคลุมการศึกษาภาคบังคับทั้งหมด ทำให้การเรียนการสอนส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในรูปของการสอดแทรก (Infusion) เข้าไปในวิชาอื่น (10, 33) ซึ่งเนื้อหาวิชาสิ่งแวดลอมที่มีสอดแทรกอยู่ในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษายังไม่เพียงพอต่อการที่จะสอนให้บรรลุเป้าหมายของวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดลอมได้ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนเรื่องสิ่งแวดลอมอย่างเป็นระบบแล้วสามารถที่จะมองเห็นภาพรวม (Holistic View) ของระบบสิ่งแวดลอมให้ได้ อีกทั้งสภาพการศึกษาในปัจจุบันนี้ พบว่ามีปัญหาทั้งในด้านหลักสูตร และด้านกระบวนการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดลอม คุณภาพของครูผู้สอนและบุคลากรด้านการศึกษามีน้อย (2, 5) นอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านสิ่งแวดลอม ซึ่งหากได้ให้เยาวชนได้เรียนรู้ ได้ปฏิบัติ ซึมซับแนวทางการจัดการด้านสิ่งแวดลอมอย่างถูกต้อง และต่อเนื่องในทุกระดับการศึกษา ซึ่งจะทำให้เยาวชนเหล่านี้มีจิตสำนึกสาธารณะในด้านสิ่งแวดลอมอย่างถูกต้องแท้จริงและส่งผลให้เกิดการปฏิบัติที่ถูกต้องเป็นกิจนิสัย ซึ่งเป็นแนวทางของการพัฒนาสิ่งแวดลอมที่ยั่งยืน (2)

2.2.3 วิกฤตด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดลอม

การศึกษาในปัจจุบันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการขยายตัวทางการผลิตอย่างรวดเร็วในช่วงศตวรรษที่ 19 การจัดการการศึกษาในยุคนี้จึงเป็นการศึกษาที่เร่งให้เกิดการผลิต และพิจารณาทรัพยากรธรรมชาติในฐานะของปัจจัยการผลิต แต่เมื่อทรัพยากรธรรมชาติเริ่มเสื่อมโทรมลงอย่างเห็นได้ชัด และถิ่นที่อยู่อาศัยของมนุษย์เริ่มถูกผลกระทบจากสารพิษ และอันตรายต่างๆ จึงทำให้มีการเรียกร้องการศึกษาแบบใหม่ โดยเปลี่ยนการมองสิ่งแวดลอม หรือทรัพยากรในฐานะปัจจัยการ

ผลิตมาสู่ฐานะที่เป็นที่อยู่อาศัย (Home) ของสิ่งมีชีวิต (Living organism) ซึ่งไม่จำกัดเฉพาะมนุษย์เท่านั้น แต่การศึกษาแบบใหม่จะเกิดได้ยาก ถ้าสังคมยังคงต้องการเร่งการผลิตต่อไป (2, 7, 8)

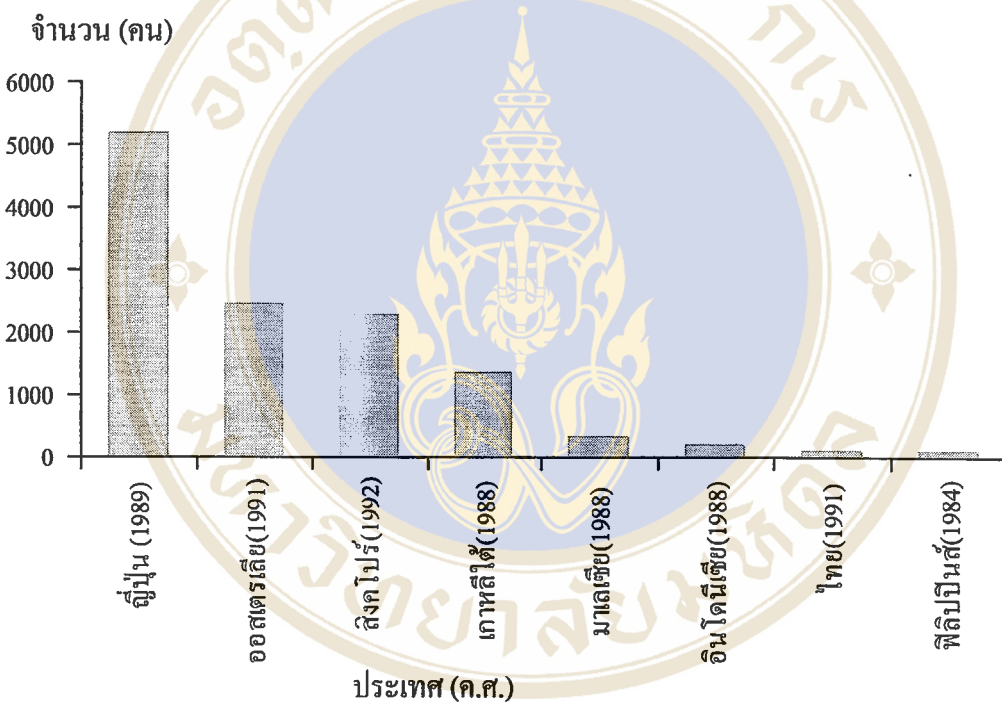
ดังนั้น การให้การศึกษาจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาความคิด และทักษะต่างๆ ปัจจุบันนี้การศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์กำลังประสบปัญหาทางด้านจัดการเรียนการสอน ซึ่งเห็นได้จากรายงานผลการศึกษาของ The Third International Maths and Science Study (TIMSS) ซึ่งศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของเด็กใน 41 ประเทศ พบว่า ผลการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ของเด็กอายุ 13 ปี ในประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 20 และวิชาวิทยาศาสตร์ อยู่ในลำดับที่ 23 แม้ว่าผลสอบแข่งขันความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติของเด็กไทยจะอยู่ในระดับปานกลาง แต่กลับอยู่ในอันดับที่ต่ำกว่าประเทศในแถบเอเชีย เช่น สิงคโปร์ หรือญี่ปุ่น ซึ่งผลการเรียนของเด็กสิงคโปร์อยู่ในอันดับที่ 1 ของทั้งสองวิชา ส่วนเด็กญี่ปุ่นอยู่ในลำดับที่ 3 ในวิชาคณิตศาสตร์และลำดับที่ 4 ในวิชาวิทยาศาสตร์ แต่พิจารณาในทางกลับกัน เด็กไทยมีผลการสอบแข่งขันในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในอันดับที่เหนือกว่าประเทศมหาอำนาจอย่างสวีเดน เยอรมัน หรือสหรัฐอเมริกา และเด็กไทยมีผลการสอบแข่งขันในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่อันดับเหนือกว่าประเทศ ฝรั่งเศส สวีเดน แต่หลังจากประเทศต่างๆ ได้ทราบผลการศึกษา ประชาชนในประเทศเยอรมัน และสหรัฐอเมริกา ก็ได้มีการตื่นตัวในเรื่องการปฏิรูปศึกษาทางวิทยาศาสตร์กันมาก ส่วนในประเทศสวีเดนได้มีการจัดตั้งโปรแกรมฝึกฝนเพิ่มประสิทธิภาพครูตามโรงเรียนต่างๆ ซึ่งประเทศเหล่านี้ได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาเป็นอย่างมาก (5)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และวิชาวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยอยู่ในระดับปานกลาง แต่ก็ไม่ได้สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ความสามารถของเด็กไทยทั่วประเทศ จากการศึกษาของกรมวิชาการ โดยศึกษาจากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 112,000 คน พบว่าเด็กนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สอบวิชาฟิสิกส์ได้คะแนนเฉลี่ย 28.12 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ได้ 29.65 คะแนน วิชาเคมีได้ 30.34 คะแนน วิชาชีววิทยาได้ 32.22 คะแนน และวิชาภาษาอังกฤษได้ 34.22 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (5) แสดงว่าระดับความสามารถในการเรียนทางวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยยังไกลมาตรฐาน สามารถสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยกำลังอยู่ในสภาพย่ำแย่ อาจทำให้เกิดสภาพวิกฤตทางปัญญา ซึ่งเกิดจากการขาดความรู้ ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาผลิตผล และการสร้างความเจริญในด้านต่างๆ แต่กระบวนการที่ทำให้เยาวชนสัมผัสกับวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังมีปัญหาอยู่ (5) เช่น การสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยยังขาดความสัมพันธ์กับชีวิตจริงภายนอกห้องเรียนของนักเรียน (8) ซึ่งเท่ากับว่าวิทยาศาสตร์หมดคุณค่าลงไป เพราะวิทยาศาสตร์ คือ การศึกษา

โลกภายนอก ทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติ ซึ่งตรงกันข้าม ปัจจุบันการศึกษาวิทยาศาสตร์อยู่ในลักษณะที่ครูป้อนความรู้ให้นักเรียนเพียงอย่างเดียว ถ้าหากความรู้เป็นเพียงการท่องจำ (2, 5) เพียงเท่านี้การเรียนวิทยาศาสตร์ก็ยากจะประสบความสำเร็จ

เมื่อพิจารณาจากตัวบุคลากรพบว่า ประเทศไทยกำลังขาดแคลนบุคลากรที่จะเป็นผู้นำในการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยจะพบว่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรต่อประชากรหนึ่งล้านคนมีจำนวน 107 คน ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่น้อยมาก แตกต่างกับประเทศญี่ปุ่น โดยสิ้นเชิง ซึ่งเป็นประเทศแห่งเทคโนโลยีมีจำนวนนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรถึง 5,183 คน (5) ดังแสดงในรูปที่ 2-5.



รูปที่ 2-5 กราฟแสดงอัตราส่วนจำนวนนักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรต่อประชากรหนึ่งล้านในประเทศต่างๆ

จากรูปพบว่า ประเทศที่มีนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรจำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก เช่น ญี่ปุ่น, ออสเตรเลีย, สิงคโปร์ และเกาหลีใต้ เป็นต้น ดังนั้น การพัฒนาการศึกษาพื้นฐานให้แก่เยาวชนในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเป็นการส่งเสริมให้เยาวชนมีวิสัยทัศน์ที่กว้างไกล เยาวชนสามารถมีทักษะในการคิดเพื่อแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้เป็นการส่งเสริมการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วย (3, 5) เพื่อให้เยาวชนเหล่านี้ได้เป็นผู้ใหญ่ที่มีความรู้ ความสามารถ

เป็นกำลังของประเทศชาติ และสามารถช่วยชาติพัฒนาประเทศให้แข่งขันทางธุรกิจ และเทคโนโลยีกับต่างชาติได้ แต่ภาระหน้าที่ในการให้ความรู้แก่เยาวชนเหล่านี้ คือ ครูผู้สอน โดยเฉพาะครูผู้สอนด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งประเทศไทยกำลังประสบปัญหาในด้านคุณภาพของครูผู้สอน และกระบวนการเรียนการสอนทางวิทยาศาสตร์ (2, 8)

2.2.3.1 คุณภาพของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์

ในการพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้ ความสามารถในการศึกษานั้นเป็นสิ่งสำคัญมาก ซึ่งเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่จะบูรณาการความรู้ต่างๆ ให้แก่ศิษย์ แต่ปัจจุบันเกิดปัญหาด้านคุณภาพของครู โดยเฉพาะครูผู้สอนด้านวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อพัฒนาการด้านความรู้ของนักเรียนให้สามารถคิดแบบวิทยาศาสตร์ และเข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ (5) เนื่องจากครูผู้สอนมีจำนวนน้อย และบุคลากรที่จะให้การอบรมครูก็มีอยู่น้อยมาก ทำให้การเริ่มต้นพัฒนาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเสี่ยงต่อการล้มเหลว เพราะไม่สามารถที่จะอบรมครูทั้งหมดให้มีความรู้ได้ในระยะเวลาอันสั้น นอกจากนี้ยังพบว่าครูส่วนใหญ่ยังขาดทักษะการจัดประสบการณ์การสอนวิชาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม (2, 5, 9) สาเหตุส่วนใหญ่มาจาก

- การเพิ่มจำนวนผู้เรียนในขณะที่จำนวนครูไม่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนทำให้คุณภาพของการเรียนการสอนลดลง ผู้สอนไม่สามารถดูแลได้ทั่วถึง ยังผลให้คุณภาพการสอนต้องลดลงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (5)

- ขาดความรู้ ความเข้าใจในวิชาที่ตนเองสอน และขาดการพัฒนาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคนิคการสอน วิธีแก้คือ การให้การศึกษาแก่ครูอย่างเข้มข้น ด้วยการจัดหลักสูตรพื้นวิชา จัดอบรมจัดประชุมปฏิบัติการ สัมมนา ตลอดจนจัดตั้งคลินิกพัฒนาความรู้ และวิธีการสอนขึ้น เพื่อให้ครูภายในจังหวัดเดียวกันได้มาแลกเปลี่ยนทัศนะ และความรู้กัน โดยมีนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำและคำปรึกษา (5)

- การขาดแคลนครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก นักศึกษาในสถาบันผลิตครูระดับปริญญาตรีจึงไม่มีใครนิยมเรียนมากนัก ส่งผลให้ประเทศขาดแคลนครูสาขาเหล่านี้ และปัญหาค่านิยมของสังคมที่เกี่ยวกับอาชีพครู (5)

2.2.3.2 กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ในด้านกระบวนการเรียนการสอนในปัจจุบันยังมีส่วนสำคัญในการเป็นอุปสรรคในการพัฒนาการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ พบว่าครูส่วนใหญ่สอนโดยยึดตัวครูเป็นศูนย์กลาง ใช้การบรรยาย ป้อนความรู้ให้แก่เด็กเรียน เน้นการท่องจำ เน้นการสอนตามหนังสือมากกว่าการให้ผู้

เรียนฝึกปฏิบัติจริง สอนเน้นเนื้อหามากกว่ากระบวนการเรียนรู้ ท่องถิ่น หรือชุมชนเข้ามาร่วมจัดการเรียนการสอนได้น้อย ขาดการส่งเสริมในด้านความคิดริเริ่ม จึงทำให้นักเรียนเรียนรู้ เพื่อนำความรู้ไปสอบแข่งขัน เรียนต่อในระดับอุดมศึกษา มิได้นำความรู้ที่ได้มาใช้พัฒนาตนเอง และสังคม (5) และครูยังไม่ค่อยใช้สื่อ และเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากส่วนหนึ่งเป็นปัญหาจากการขาดแคลนสื่อการเรียนการสอนในด้านสิ่งแวดล้อมด้วย (2, 5) แนวทางหนึ่งในการที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การพัฒนาความรู้ของครูผู้สอน โดยให้ครูมีความรู้ ความเข้าใจในด้านวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งครูผู้สอนสิ่งแวดล้อมทุกคนควรมีพื้นฐานในเรื่องของระบบนิเวศ และปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน(2)

ปัญหาที่สำคัญอีกประการคือ ความเข้าใจ และทัศนคติของนักศึกษาต่อการจัดสิ่งแวดล้อมศึกษาไม่ชัดเจน และไม่ตรงกัน (2, 7) การที่นักศึกษามีความเข้าใจ และทัศนคติที่แตกต่างกัน ทำให้การประสานแนวคิด และความร่วมมือกันยังเป็นไปได้ยาก ซึ่งหากได้มีการผนึกกำลังทั้งในด้านพลังความคิด และการกระทำ จะสามารถนำการศึกษามาเป็นเครื่องมือในการปฏิรูปสังคมได้ และสามารถคุ้มครองสิ่งแวดล้อมได้ การทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างนักศึกษา และครูอาจารย์ คงเป็นหนทางที่สำคัญที่จะสามารถทำให้การศึกษาสามารถขึ้นนำ หรือปฏิรูปสังคม ซึ่งควรที่จะมีการให้การศึกษาตามแบบบูรณาการนิยม (Integration) คือ เน้นให้ผู้เรียนตระหนักว่า ตนเองมีบทบาทต่อสังคม และท้องถิ่นของตนในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และตระหนักว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบมาถึงตัวของเขาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (4) จึงเป็นหนทางที่จะแก้ปัญหามสิ่งแวดล้อมได้อย่างแท้จริง (8)

2.2.4 หลักการพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้กระบวนการให้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมแก่นักเรียนบรรลุผล เพื่อปลูกฝังความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมให้กับเยาวชนของประเทศในระบบโรงเรียน (8, 26, 34) ดังนั้นพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมจึงควรพิจารณาจากองค์ประกอบดังนี้

2.2.4.1 ให้ความสำคัญกับผู้เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนตระหนักว่าตนเองมีบทบาทต่อสังคม และท้องถิ่นของตนในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม การศึกษาจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้จัก และเห็นคุณค่าของตน รู้จักท้องถิ่นและสังคมของตน และตระหนักว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมจะกระทบถึงตัวเขาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2.2.4.2 ให้ความสำคัญกับการจัดประสบการณ์ทางสังคม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาในสังคม และสิ่งแวดล้อมของตนได้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสวงหาแนวคิด และเทคนิคใหม่ๆ ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาสังคม และสิ่งแวดล้อมของตน

2.2.4.3 เนื้อหาสาระจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเกิดบูรณาการ โดยสามารถประสานแนวคิดของศาสตร์ต่างๆ ในการอธิบายระบบสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติ

2.2.4.4 ในส่วนของกระบวนการเรียนการสอนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์โดยเน้นการสืบสวนสอบสวน (Investigation) การสังเกต (Observation) และการวิเคราะห์ความเป็นเหตุเป็นผล เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ สามารถเข้าใจลักษณะของปัญหาสิ่งแวดล้อม และสามารถเข้าถึงที่มา และสาเหตุของปัญหาได้อย่างแท้จริง (7, 8, 26) จึงเป็นที่มาของวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อการศึกษาสิ่งแวดล้อมอย่างมีขั้นตอน และเงื่อนไข เพราะหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นมีขั้นตอนของตัวเอง ในการค้นคว้าหาความจริงต่างๆ ซึ่งขั้นตอนเหล่านั้นได้แก่ การสังเกต (Observation) การบันทึก (Record) การทดลอง (Experiment) และกระบวนการให้เหตุผล (Reasoning processes) ถ้าดำเนินตามขบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ก็จะได้ข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เกี่ยวกับพฤติกรรมของสิ่งแวดล้อมต่อมนุษย์ (26, 35)

2.2.4.5 ให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและมนุษยธรรม ในการที่จะส่งเสริมให้บุคคลมีเจตคติ และพฤติกรรมที่เหมาะสมที่จะดำรงชีวิตอยู่ในระบบนิเวศของโลก

2.2.5 วัตถุประสงค์ทั่วไปของวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

2.2.5.1 เพื่อส่งเสริมให้บุคคลรู้คุณค่าความสำคัญของสิ่งแวดล้อม และตระหนักถึงอันตรายของปัญหาสิ่งแวดล้อม

2.2.5.2 เพื่อส่งเสริมบุคคลให้มีจิตสำนึกมีส่วนร่วมในการป้องกันและรักษาสิ่งแวดล้อม

2.2.5.3 เพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมที่พึงประสงค์ทางด้านสิ่งแวดล้อม (จรรยาบรรณใหม่) ให้เกิดขึ้นในบุคคล และกลุ่มบุคคลต่างๆ ในสังคม (8, 26)



2.2.6 แนวทางการจัดกระบวนการเรียนการสอน

ในกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ง่าย และดีที่สุดคือ การเรียนวิทยาศาสตร์โดยเรียนจากสิ่งที่อยู่รอบตัวเรานั้นคือ การเรียนรู้ธรรมชาติสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมจึงเป็นหนทางของการศึกษาความรู้ที่จะได้มาในแนวการส่งเสริมการคิด การเข้าใจความรู้ การคิดอย่างเป็นระบบ (5) และสามารถเข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ แนวทางการจัดกระบวนการเรียนการสอนมีดังนี้

2.2.6.1 ควรส่งเสริมให้เยาวชนตระหนักในปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้น ครูควรพัฒนาเยาวชนให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาในสังคม และสิ่งแวดล้อมของตน โดยครูควรจัดโอกาสให้เยาวชนได้ศึกษาแบบแผนการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติของมนุษย์ในท้องถิ่น และในภูมิภาค หรือประเทศของตน และร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ของทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นอยู่ รวมทั้งแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ในการนี้เยาวชนควรจะได้รับการปูพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของสังคม และสภาพแวดล้อม รวมทั้งเข้าใจผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติ

2.2.6.2 ควรส่งเสริมให้เยาวชนรู้คุณค่าของธรรมชาติ ครูควรจัดโอกาสให้เยาวชนได้สัมผัสกับธรรมชาติ เข้าใจระบบ หรือกฎเกณฑ์ของธรรมชาติ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตนเองกับธรรมชาติ ในการนี้เยาวชนควรได้รับการปูพื้นฐานความรู้ในด้านกระบวนการพื้นฐานของระบบนิเวศ อันได้แก่ การสังเคราะห์ การหายใจ การกินกันเป็นทอดๆ ซึ่งทำให้เกิดการหมุนเวียนของสสารผ่านสิ่งมีชีวิต ควรรู้เรื่องวัฏจักรน้ำ และวัฏจักรทางธรณีวิทยา

2.2.6.3 ควรเสริมสร้างจิตสำนึกในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ครูควรต้องเน้นในเรื่องความรับผิดชอบ โดยการส่งเสริมให้เยาวชนมองเห็นอำนาจของตนเองในการป้องกันแก้ไขปัญหาสีงแวดล้อม ในการนี้ครูควรจะเน้นให้นักเรียนตระหนักในความสำคัญของตนเองต่อสิ่งแวดล้อมที่ตนอาศัยอยู่ ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก ดังคำขวัญวันคุ้มครองโลก 2533 ที่ว่า “ใครว่าเราทำให้โลกนี้เปลี่ยนไม่ได้” (8)

2.2.6.4 ควรเสริมสร้างพฤติกรรมที่พึงประสงค์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ครูควรเปิดโอกาสให้เยาวชนร่วมกันคิดว่า ตัวของเขา และผู้ที่เกี่ยวข้องกับเขาควรทำอย่างไรบ้างในการคุ้มครอง และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในการนี้ครูอาจจะเสนอหลักการง่ายๆ เพื่อให้นักเรียนนำไปเป็นหลักในการปฏิบัติได้ เช่น หลักแห่งความประหยัด โดยใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า การนำกลับมาใหม่ หลีกเลียง และไม่ใช่สินค้าที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าจำเป็นก็พยายามลดการใช้ให้น้อยลง ไม่ปล่อยให้

ขยะที่สลายตัวยากตกค้างอยู่ในแหล่งท่องเที่ยวธรรมชาติ และแหล่งน้ำช่วยกันเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรม เช่น ปลูกและรักษาต้นไม้ เป็นต้น

นอกจากนี้ ครูควรเน้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของวัฒนธรรม และมนุษยธรรม ในการที่จะดำรงชีวิตในระบบนิเวศของโลก และเน้นให้เยาวชนเห็นคุณค่าของการดำรงชีวิตแบบเรียบง่าย ซึ่งจะเป็นวัฒนธรรมพื้นฐานของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (7, 8)

2.2.7 การวางแผนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษา

ในการจัดทำแผนการสอนสิ่งแวดล้อมศึกษานั้นครูจะต้องผสมผสานเนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อที่จะให้ผู้เรียนที่ได้ผ่านกิจกรรมที่เตรียมไว้นั้น ได้รับความรู้ และเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของการจัดกิจกรรมนั้นๆ ด้วย ในการนี้ครูควรดำเนินการดังต่อไปนี้ (8)

2.2.7.1 ศึกษาเนื้อหาความรู้ และวางขอบข่ายเนื้อหาความรู้ที่จะนำไปสอน ในชั้นตอนนี้ครูจะต้องพิจารณาเนื้อหาความรู้ต่างๆ ในแบบบูรณาการ และจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับวัย และวุฒิภาวะของผู้เรียน เวลาและสิ่งแวดล้อมในการสอน

2.2.7.2 ศึกษาแต่ละองค์ประกอบที่จำเป็นในการจัดกิจกรรม เพื่อที่จะแสวงหาวัตถุประสงค์ที่จะนำมาประกอบเป็นทางเลือกในการจัดกิจกรรม ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าวนี้ได้แก่ สื่อการสอน และวัสดุอุปกรณ์ประกอบการสอน กิจกรรมนักเรียน บทบาทของครู

ในด้านบทบาทของครู ครูควรทำความเข้าใจ และให้ความสนใจในเรื่องต่อไปนี้ (35)

- การสร้างความตระหนัก เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และทรัพยากรต่างๆ รวมทั้งบทบาทของทุกคนที่ควรมีต่อสิ่งแวดล้อมนั้นๆ
- การให้ความรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศ และผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์
- การฝึกทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การตั้งสมมติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูล การบันทึกข้อมูล เป็นต้น
- การฝึกแก้ปัญหาและตัดสินใจปัญหา สำหรับการแก้ปัญหาานั้น เป็นสิ่งสำคัญของสิ่งแวดล้อมศึกษา ซึ่งจะช่วยให้ประชาชนสามารถพัฒนาทักษะในการจัดการกับทรัพยากรอย่างเหมาะสม มิใช่มุ่งแต่ป้องกันมิให้มีการพัฒนาเสียเลย การจัดการกับสิ่งแวดล้อมอย่างฉลาดและมีไหวพริบจะทำให้ทั้งการพัฒนาและการอนุรักษ์สามารถไปด้วยกันได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้แล้วครูยังต้องให้ความสนใจการพัฒนาสิ่งแวดล้อม ซึ่งวิธีการสอนสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ควรเป็นการสอนในลักษณะบูรณาการมิใช่สอนเป็นวิชาโดดเดี่ยว ถ้าจะสอนให้ได้

ผลดี ควรนำวิชาที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมาสอนให้ผสมผสานกัน เช่น ถ้าต้องการให้มนุษย์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างฉลาด ก็ควรจะสอนเกี่ยวกับความรู้เรื่องแหล่งของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้เทคนิคที่ทันสมัยในการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากนี้ควรศึกษาเรื่องเกี่ยวกับเศรษฐกิจ ประวัติศาสตร์ นโยบายทางการเมืองเกี่ยวกับเรื่องทรัพยากรธรรมชาติ และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งทั้งหมดนี้จะอยู่ในหลายๆ วิชา

2.2.7.3 ดำเนินการออกแบบ และจัดโปรแกรมการเรียนการสอน ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่จะต้องผสมผสานเนื้อหาเข้ากับกิจกรรม ในการนี้ ครูควรจะดำเนินการดังนี้ (8)

- กำหนดเรื่อง หรือขอบข่ายเนื้อหาที่จะสอน
- สรุปลงเป็นแนวคิดว่ายอดที่ต้องการนำไปสู่ผู้เรียน
- กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของผู้เรียน
- วางกรอบ หรือแนวทางในการอภิปราย และแสวงหาตัวอย่าง
- เลือกสื่อการเรียนที่จะนำมาใช้
- กำหนดเงื่อนไขในการเรียน โดยกำหนดรายละเอียดของกิจกรรมนักเรียน และกิจกรรมของครู
- กำหนดวิธีการประเมินผล

3. บทเรียนโปรแกรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3.1 การใช้คอมพิวเตอร์ในการศึกษา

คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา หรือในภาษาอังกฤษว่า Computer-Base Education (CBE) มีความหมายเดียวกับคำว่า Instruction Computing (IC) หรือ Instruction Application of Computer (IAC) หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในทางการศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อการพัฒนาการศึกษาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขีดความสามารถในการสอนของครูอาจารย์ และในขณะเดียวกันก็ช่วยให้ผู้เรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น (36)

วงการศึกษามีการใช้คอมพิวเตอร์เป็นครั้งแรกในระยะปลายทศวรรษที่ 1950 ซึ่งขณะนั้นมหาวิทยาลัยหลายแห่งในสหรัฐอเมริกาได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานบริหารเช่น การเก็บข้อมูลผู้เรียน ขณะเดียวกันก็มีผู้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในงานวิจัยการเรียนการสอน การวิจัยทางด้านนี้ ได้แก่ โครงการพลาโต (Plato) ที่มหาวิทยาลัยฮิลลินอยส์ ซึ่งเริ่มในปี ค.ศ. 1960 การใช้คอมพิวเตอร์ในวงการศึกษาก็ได้มีการคิดค้นปรับปรุงเรื่อยมา จนกระทั่งกลางทศวรรษที่ 1970 ได้มีบริษัทคอมพิวเตอร์สามารถคิดค้นประดิษฐ์เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขึ้นมา ต่อมาได้มีการนำเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไปใช้ในวงการศึกษา ในสถาบันการศึกษาต่างๆ ได้มีการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้กันอย่างกว้างขวาง (37, 38) เพราะราคาของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ถูกลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาททางการศึกษา ตั้งแต่เริ่มแรกของการเกิดคอมพิวเตอร์ขึ้นมาเพราะการคิดค้น และประดิษฐ์คอมพิวเตอร์ในสมัยใดก็ตาม มีผลเกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัย หรือสถาบันการศึกษา และคอมพิวเตอร์ได้เข้ามาเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาการศึกษาโดยทำให้ระบบการศึกษาได้ปรับปรุงแก้ไขไปทางที่ดีขึ้น (38, 39, 40) การนำคอมพิวเตอร์มาใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เพื่ออำนวยความสะดวก และส่งเสริมการเรียนการสอนนั้น (38) มีลักษณะดังนี้

1. งานบริหาร (Administrative applications) รวมถึงงานธุรการต่างๆ เช่น การเงิน การบัญชี งานพัสดุ งานทะเบียน งานสารบรรณ เป็นต้น
2. งานหลักสูตร (Curriculum planning applications) เป็นแหล่งเก็บแฟ้มข้อมูลต่างๆ สำหรับนำมาปรับปรุงหลักสูตร
3. งานห้องสมุด (Library applications) ช่วยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานทะเบียนหนังสือ เป็นต้น

4. งานพัฒนาวิชาชีพ (Professional development applications) ช่วยให้ครูมีทักษะและความเข้าใจในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อนำไปปรับปรุงการเรียนการสอน
5. งานวิจัย (Research applications) ช่วยในการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล
6. งานแนะแนว และงานบริการพิเศษอื่นๆ (Guidance and special service applications) เช่น ช่วยเก็บคะแนนสอบมาตรฐานต่างๆ เก็บรายงานผลการเรียน และพฤติกรรมของนักเรียน
7. งานทดสอบ (Testing applications) ช่วยในการสร้างแบบทดสอบ การวิเคราะห์ และประเมินผลการเรียน เป็นต้น
8. อุปกรณ์ช่วยสอน (Instructional aid applications) ในลักษณะเดียวกันกับการใช้สื่อทัศนูปกรณ์อื่นๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นเครื่องมือช่วยในการนำเสนอเนื้อหา (Presentation) ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสอนแบบบรรยายได้เป็นอย่างมาก
9. คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วยสอน (Computer-Assisted Instructions) ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน เช่น ช่วยฝึกฝนและฝึกหัด ช่วยทบทวน ช่วยแก้ปัญหาโจทย์ในการเรียนการสอนวิชาต่างๆ

3.1.1 ประเภทการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษา

การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการศึกษา (39, 40, 41) มีดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือที่เรียกกันย่อๆ ว่า CAI เป็นส่วนของระบบเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อติดต่อโดยตรงกับนักเรียน เพื่อการแสดงเนื้อหาบทเรียนตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบด้วยชุดคำสั่งจาก โปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น
2. คอมพิวเตอร์จัดการการสอน (Computer Managed Instruction หรือ CMI) เป็นส่วนที่ช่วยจัดการติดตามการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยสามารถใช้ติดตามผลเป็นรายบุคคล และในระดับชั้นคอมพิวเตอร์จัดการการสอนนั้นเป็นหัวใจสำคัญของระบบการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์อีกส่วนหนึ่ง รูปแบบของคอมพิวเตอร์จัดการการสอน ได้แก่ การตรวจสอบ (Testing) เพื่อใช้วัดระดับความรู้ของผู้เรียนเทียบกับวัตถุประสงค์การสร้างข้อวินิจฉัย (Prescription generation) ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์จัดการการสอนจะสร้างข้อวินิจฉัยสำหรับผู้เรียนเป็นรายบุคคล ทั้งนี้เพราะผู้เรียนแต่ละคนอาจมีพื้น

ฐาน และประสบการณ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นข้อวินิจฉัยจะบอกจุดแข็งและจุดอ่อนจากการเรียนภายในบทเรียนที่ทดสอบนั้น และการเก็บความก้าวหน้าของผู้เรียน (Record keeping) เพื่อใช้ติดตามผลการเรียนรู้ในรายบุคคล และในระดับชั้น

3. คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนการสอน (Computer Supported Learning Resources หรือ CSLR) เป็นส่วนที่ใช้สนับสนุนการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์ จึงนับเป็นสิ่งที่ให้การเรียนรู้ที่สำคัญคล้ายคลึงกับห้องสมุด แต่จะใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยด้วย คอมพิวเตอร์สนับสนุนการเรียนการสอนไม่ใช่ส่วนที่ทำหน้าที่สอน แต่เป็นเพียงส่วนสนับสนุนที่ช่วยให้การเรียนรู้ง่ายขึ้น น่าสนใจมากขึ้น และครอบคลุมรายละเอียดมากขึ้น ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบที่เป็นฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นแหล่งข้อมูลใหญ่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ ไม่ใช่ส่วนที่สอน แต่ต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยเรียกค้นตรวจสอบ และจัดการข้อมูลจากฐานข้อมูล รูปแบบที่สองคือ รูปแบบของการสื่อสารทางไกล ซึ่งอาจมีได้หลายแบบทั้งเสียง ข้อมูล และภาพ จุดเด่นคือ การแลกเปลี่ยนข่าวสารในระยะไกลๆ ด้วยการทำงานร่วมกันของระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และระบบเครือข่ายสื่อสารทำให้เกิดการสื่อสารระยะไกลในรูปแบบการประชุมด้วยการส่งข้อความทางคอมพิวเตอร์ (Computer conferencing)

3.1.2 คอมพิวเตอร์มีประโยชน์ต่อผู้เรียน

1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนตามเอกัตภาพ (ตามสภาพของผู้เรียน)
2. มีการโต้ตอบได้ทันที มีสี ภาพและเสียงทำให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัว ไม่เบื่อหน่าย
3. ผู้เรียนไม่สามารถแอบดูคำตอบได้ก่อน จึงเป็นเงื่อนไขให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จริงก่อนจึงผ่านบทเรียนนั้นไปได้
4. ผู้เรียนสามารถทบทวนบทเรียนที่เรียนมาแล้ว
5. นักเรียนเรียน ได้ดีกว่า และเร็วกว่าการสอนปกติ ทำให้ใช้เวลาในการเรียนน้อยลง
6. สามารถประเมินผลความก้าวหน้าของผู้เรียนได้โดยอัตโนมัติ
7. ฝึกให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผล เพราะต้องคอยแก้ปัญหาตลอดเวลา
8. ผู้เรียนสามารถเรียนตามลำพังได้

9. ทำให้เกิดความเข้าใจชัดเจนในวิชาที่เรียนอ่อน
10. ผู้เรียนอาจเรียนเป็นขั้นตอนจากง่ายไปยาก
11. ทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน

3.1.3 ข้อดีของคอมพิวเตอร์

1. คอมพิวเตอร์จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เนื่องจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นประสบการณ์ที่แปลกใหม่
2. การใช้สี ภาพที่มีการเคลื่อนไหว ตลอดจนเสียงดนตรี จะเป็นการเพิ่มความเหมือนจริง และดึงดูดใจผู้เรียนรู้ ทำแบบฝึกหัด หรือทำกิจกรรมต่างๆ
3. ความสามารถของหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์จะช่วยในการบันทึกพฤติกรรมต่างๆ ของผู้เรียน เพื่อใช้ในการวางแผนบทเรียนในขั้นต่อไปได้
4. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของเครื่อง ทำให้สามารถนำมาใช้ในลักษณะของการศึกษาเป็นรายบุคคลได้เป็นอย่างดี โดยสามารถกำหนดบทเรียนให้แก่ผู้เรียนแต่ละคนและแสดงผลความก้าวหน้าให้เห็นได้ทันที
5. ลักษณะของโปรแกรมบทเรียนที่ให้ความเป็นส่วนตัวแก่ผู้เรียนเป็นการช่วยให้ผู้เรียนที่เรียนช้า สามารถเรียนไปได้ตามความสามารถของตน โดยสะดวกอย่างช้าๆ โดยไม่ต้องอายผู้อื่น และไม่ต้องอายเครื่องมือเมื่อตอบคำถามผิด
6. เป็นการช่วยขยายขีดความสามารถของครูในการควบคุมผู้เรียนได้อย่างใกล้ชิด เนื่องจากสามารถบรรจุข้อมูลได้ง่าย และสะดวกในการนำออกมาใช้

3.1.4 ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์

1. ราคาแพง และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ
2. โปรแกรมสำหรับนำมาใช้ในการเรียนการสอนมีน้อย ไม่เพียงพอกับความต้องการ และไม่ตรงตามหลักสูตร
3. ขาดอุปกรณ์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกันที่สามารถนำไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างระบบกันได้ โปรแกรม หรือบางซอฟต์แวร์ที่ผลิตขึ้นมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบหนึ่ง ไม่สามารถใช้กับอีกระบบหนึ่งได้
4. ผู้เรียนบางคน หรือผู้เรียนที่สูงวัยอาจไม่ชอบเรียนตามโปรแกรมตามขั้นตอน ทำให้เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ได้

3.2 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูง เมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะทำให้การเรียนการสอนมีปฏิสัมพันธ์กันได้ในระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ที่อยู่ในห้องเรียนตามปกติ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไม่ได้หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์สอนแทนผู้สอนทั้งหมด เนื้อหาบางส่วนจะเรียนจากคอมพิวเตอร์บางส่วนเรียนจากผู้สอนและผู้เรียนที่เรียนตามไม่ทันก็ให้เรียนจากคอมพิวเตอร์ในลักษณะของการสอนเสริมกิจกรรม ซึ่งวิธีการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับข้อบ่งชี้ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (42) นอกจากนี้ คอมพิวเตอร์ยังมีความสามารถตอบสนองต่อ ข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้ทันที ซึ่งเป็นการช่วยเสริมแรงให้แก่ผู้เรียน และในแต่ละบทเรียนจะมีตัวอักษร ภาพกราฟฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเสียงประกอบ เพื่อให้ผู้เรียนสนุกไปกับการเรียนไม่รู้สึกลำบาก (37, 39)

ในระยะแรก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในต่างประเทศ ส่วนใหญ่เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้ในมหาวิทยาลัย คือ เป็นโปรแกรมออกแบบมาเปิดเสร็จทั้งเนื้อหาบทเรียน แบบวัดผล และมีการจัดหมวดหมู่ลำดับวิชาที่เรียน หากเรียนในชั่วโมงปกติอาจใช้เวลามาก โปรแกรมแบบนี้ออกแบบตามเนื้อหา หลักสูตร ลำดับก่อนหลัง จึงมีคำศัพท์ใช้เรียกเฉพาะว่า Courseware (ชุดการสอน) ในระยะต่อมา โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเริ่มแพร่หลายไปในประเทศต่างๆ ทั่วโลก (43)

3.2.1 ประเภทบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การแบ่งรูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความคิดของนักคอมพิวเตอร์ โดยสรุปมี 10 แบบคือ (37, 38, 39, 40, 41, 44)

1. การศึกษาเนื้อหาใหม่ หรือสอนรายละเอียด (Tutorial) เป็นรูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้นจากความเชื่อที่ว่าคอมพิวเตอร์น่าจะเป็นอุปกรณ์ หรือสื่อที่ช่วยในการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงจากการเรียนในชั้นเรียน โดยน่าจะใช้แทนครูได้ในหลายๆ หมวดวิชา และไม่ได้จำกัดอยู่แต่ในโรงเรียนประถมมัธยม หรืออุดมศึกษา เท่านั้น แต่ยังขยายไปถึงการฝึกอบรม (Training) ในระดับ และสาขาอาชีพต่างๆ ซึ่งอาจผสมผสานการสอน การเรียนรู้ และการฝึกฝนด้วยตนเองหลายๆ รูปแบบ และคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ Tutorials ก็เป็นวิธีหนึ่ง

เข้าไปมีบทบาท คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นแบบการศึกษาเนื้อหาใหม่เป็นรูปแบบที่ได้ผลดีมากในการเรียน โดยเฉพาะเรื่องที่เป็นนามธรรม และการสอนเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจ และได้เห็นภาพได้ดี การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ Tutorial ในระบบการศึกษาปกติ โดยมีแนวความคิดว่าน่าจะใช้สอนแทนครูได้คตินั้น ยังเป็นปัญหาที่ต้องถกเถียงกันอีกนาน ประเด็นไม่ได้อยู่ที่ว่าจะทำให้ครูตกงาน หรือขาดบทบาทสำคัญในการเป็นครู แต่อยู่ที่ความเชื่อส่วนตัวของผู้คนจำนวนมากที่เชื่อว่า ไม่มีสื่อชนิดใดในโลก ที่จะถ่ายทอดความรู้ ความคิด ทักษะ และทักษะได้ดีเท่ามนุษย์ด้วยกันเอง ซึ่งหมายถึงครู

2. การฝึก และปฏิบัติ (Drill and Practice) บทเรียนในการฝึกหัดจะเป็น โปรแกรมที่ไม่มีการเล่นความรู้แก่ผู้เรียนก่อน แต่จะมีการให้คำถาม หรือปัญหาที่ได้คัดเลือกมาจากการสุ่ม หรืออย่างเจาะจง โดยการเสนอคำถาม หรือปัญหานั้นซ้ำแล้วซ้ำเล่า เพื่อให้ผู้เรียนตอบ แล้วคอมพิวเตอร์ก็จะให้คำตอบที่ถูกต้อง เพื่อการตรวจสอบยืนยัน หรือแก้ไข พร้อมกับให้คำถาม หรือปัญหาต่อไปอีกจนกว่าผู้เรียนจะสามารถตอบคำถาม หรือปัญหานั้นจนถึงระดับเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้น ในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการฝึกหัดนี้ ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีความคิดรวบยอด และมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องราว และกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ เป็นอย่างดีมาก่อน แล้วจึงจะสามารถตอบคำถาม หรือแก้ปัญหานั้นได้ ซึ่งโปรแกรมบทเรียนในการฝึกหัดนี้จะสามารถใช้ได้ในหลายวิชาทั้งทางด้านคณิตศาสตร์ ภูมิศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การแปลภาษา เป็นต้น
3. การสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นโปรแกรมบทเรียนที่เป็นสถานการณ์จำลอง เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งจำลองความเป็นจริง โดยตัดรายละเอียดต่างๆ หรือนำกิจกรรมที่ใกล้เคียงสถานการณ์จริงมาให้ผู้เรียนได้ศึกษา เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พบเห็นภาพจำลองของเหตุการณ์ เพื่อฝึกทักษะ และการเรียนรู้ได้โดยไม่ต้องเสี่ยงภัย หรือเสียค่าใช้จ่ายมากนัก รูปแบบของโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองจะประกอบด้วยการเล่นความรู้ข้อมูล การแนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มพูนความชำนาญ และความคล่องแคล่ว ในโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองนี้จะมีโปรแกรมการสาธิต (Demonstration) อยู่ด้วยเป็นการแสดงให้ผู้เรียนได้ชมเป็นตัวอย่าง ในวิชาเคมี ฟิสิกส์ บางบทเรียนไม่สามารถทดลองให้เห็นจริงได้

หรือการทดลองทางชีววิทยาที่ต้องใช้เวลาหลายวันจึงจะปรากฏผล การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างสถานการณ์จำลองจึงมีความสำคัญในการเรียนการสอนที่จะจำลองสถานการณ์ให้ผู้เรียน เห็นจริง และเข้าใจได้ง่าย

4. การแก้ปัญหา (Problem solving) เป็นการเน้นฝึกให้คิดการตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้ แล้วผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์ มีการให้คะแนน หรือนำหนักกับเกณฑ์แต่ละข้อ เช่นในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ผู้เรียนจำเป็นต้องเข้าใจ และมีความสามารถในการแก้ปัญหา
5. เกมเพื่อการเรียนการสอน (Instructional Games) เป็นที่นิยมมาก เนื่องจากเป็นสิ่งที่สามารถกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความอยากเรียนรู้ได้ง่าย เกมนี้สามารถใช้ในการสอน และเป็นสื่อที่จะให้ความรู้แก่ผู้เรียนได้เช่นกัน นอกจากนี้การใช้เกมยังช่วยเพิ่มบรรยากาศในการเรียนรู้ให้ดีขึ้น และช่วยมิให้ผู้เรียนเกิดอาการเหม่อลอย รูปแบบโปรแกรมบทเรียนนี้จะคล้ายคลึงกับ โปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลอง แต่ต่างกันที่การเพิ่มบทบาทผู้แข่งขันเข้าไปด้วย
6. ใช้เพื่อการทดสอบ (Testing) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการทดสอบ ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบ เพื่อวัดความรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้สอนมีความรู้สึกที่เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงการทดสอบแบบเดิมๆ มาเป็นแบบทดสอบที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียน หรือผู้ที่ได้รับการทดสอบ ซึ่งเป็นที่น่าสนุก และในขณะที่เดียวกันก็สะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนที่จะนำความรู้ต่างๆ มาใช้ในการตอบได้ด้วย
7. บทสนทนา (Dialogue) เป็นการเลียนแบบการสอนในห้องเรียน คือ พยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอน และผู้เรียน เพียงแต่เป็นการใช้ตัวอักษรบนจอภาพ แล้วมีการสอนด้วยการตั้งปัญหาถาม ลักษณะในการใช้แบบสอบถามก็เป็นการแก้ปัญหอย่างหนึ่ง
8. การสาธิต (Demonstration) มีลักษณะคล้ายกับการสาธิตของครู แต่เป็นการนำมาสาธิตให้เห็นทั้งเส้นกราฟที่สวยงาม ตลอดทั้งสี และเสียง ครูสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อสาธิตเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์หลายแขนง เช่น การหมุนเวียนของโลहित
9. การไต่ถาม (Inquiry) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถใช้ในการค้นหาข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หรือข่าวสารที่เป็นประโยชน์ ซึ่งสามารถแสดงได้ทันที เมื่อ

ผู้เรียนต้องการ ด้วยระบบง่ายๆ ที่ผู้เรียนสามารถทำได้เพียงกดหมายเลข หรือใส่รหัสของแหล่งข้อมูลนั้นๆ การใส่รหัสของผู้เรียนจะทำให้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแสดงข้อมูล ซึ่งจะตอบคำถามของผู้เรียนตามต้องการ

10. แบบรวมวิธีต่างๆ เข้าด้วยกัน (Combination) คอมพิวเตอร์สามารถสร้างวิธีการสอนหลายแบบรวมกันได้ ตามธรรมชาติของการเรียนการสอนที่ต้องการวิธีการสอนหลายแบบ ซึ่งต้องกำหนดจุดประสงค์ในการเรียนการสอน ผู้เรียนและองค์ประกอบ หรือภารกิจต่างๆ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โปรแกรมหนึ่งอาจมีลักษณะที่เป็นการใช้เพื่อสอน (Tutoring) เกม (Gaming) การได้ถาม (Inquiry) การทดสอบ (Testing) และการแก้ปัญหา (Problem solving) หรืออาจมีแบบอื่นๆ ได้อีก ซึ่งส่วนมากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในปัจจุบันมักเป็นแบบที่มีการรวมวิธีการต่างๆ เข้าด้วยกัน

3.3 รูปแบบบทเรียนโปรแกรม

บทเรียนสำเร็จรูป หรือบทเรียนโปรแกรม หรือการสอนแบบโปรแกรม หรือบทเรียนที่เรียนด้วยตนเองที่มีการจัดเรียงเนื้อหาไว้ล่วงหน้าตามลำดับขั้นตอนที่ละน้อยมีคำถาม และคำเฉลยแพร่หลายตามสถานศึกษาทั่วไป เพราะมีลักษณะเป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่ โดยมีกิจกรรมให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามความสามารถของแต่ละบุคคล ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความสามารถของตนเองและมีลักษณะพิเศษที่สามารถทำให้เกิดการสื่อความหมายแบบสองทาง (Two-way communication system) โดยมีลักษณะเป็นติวเตอร์ (tutor) อีกด้วย เพราะสามารถรู้คำตอบได้ทันทีหลังจากที่ได้ตอบไปแล้ว และมีโอกาสปรับปรุงการเรียนของตนได้ “บทเรียนโปรแกรม” เป็นการจัดระบบการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสามารถของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผู้ผลิตบทเรียนโปรแกรมอาจสร้างขึ้นในลักษณะของเครื่องมือ ที่เรียกว่า เครื่องช่วยสอน หรือในลักษณะของหนังสือ หรือแบบเรียน เรียกว่า แบบเรียนโปรแกรม หรืออาจจะสร้างในลักษณะอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน (44, 45, 46, 47)

บทเรียนโปรแกรมมีหลายรูปแบบ เนื่องจากเป็นวิธีสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี ทำให้นักเรียนสามารถเรียนด้วยตนเอง และเรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น บทเรียนสำเร็จรูป บทเรียนโปรแกรม การสอนแบบโปรแกรม บทเรียนที่เรียนด้วยตนเอง เป็นต้น ในต่างประเทศมีการใช้กันหลายคำ เช่น Programmed Learning, Programmed Instruction, Programmed Material, Programmed Textbook, Self-Instructional Program, Automatic Instruction, Auto

Instruction, Auto Instructional Programming, Self-teaching, Self Instructional Programmed เป็นต้น (45, 46)

3.3.1 ลักษณะของบทเรียนแบบโปรแกรม

ลักษณะของบทเรียนแบบ โปรแกรม (41, 45, 46, 47) มีดังนี้

1. มีการกำหนดวัตถุประสงค์เอาไว้อย่างชัดเจน สามารถวัดได้จริง เรียกว่า วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. เนื้อหาวิชาจะถูกแบ่งออกเป็นหน่วยเล็กๆ หรือย่อยๆ แล้วนำมาจัดลำดับขั้นย่อยๆ นี้ เรียกว่า กรอบ (Frame) แต่ละกรอบจะมีความสั้นยาวแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม
3. จัดเรียงลำดับกรอบของบทเรียนต่อเนื่องกัน จากง่ายไปหายาก และเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน มีการชี้ทวน และให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเองตลอดเวลา
4. ผู้เรียนมีโอกาสตอบสนอง หรือมีส่วนร่วมในการเรียน จากกิจกรรมต่างๆ ที่กำหนดไว้ในกรอบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา และมีทักษะในบทเรียน
5. มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทันที ผู้เรียนสามารถตรวจสอบคำตอบได้ด้วยตนเองจากคำตอบ และอาจจะมีคำอธิบายเพิ่มเติมให้ด้วย
6. มีการเสริมแรงทุกระยะขั้นตอนที่สำคัญๆ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ และต้องการเรียนต่อไป การเสริมแรงนี้ อาจอยู่ในรูปของคำชม หรือการที่ผู้เรียนรู้ว่าตนทำได้ดีถูกต้องแล้ว
7. ไม่จำกัดเวลาในการเรียน ผู้เรียนใช้เวลาเรียนตามความสามารถของแต่ละคน คนเรียนอ่อนอาจใช้เวลาเรียนมากกว่าคนเรียนเก่ง แต่ก็สามารถเรียนสำเร็จได้เช่นกัน
8. มีการวัดผลที่แน่นอน คือ มีการทดสอบย่อยในระหว่างเรียน ทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน เพื่อวัดความก้าวหน้าในการเรียนให้เห็นอย่างชัดเจนด้วย

3.3.2 ชนิดของกรอบในบทเรียนโปรแกรม (46, 47) มีดังนี้

1. กรอบตั้งต้น (Set Frame) เป็นกรอบที่นำเสนอข้อมูลหลัก หรือทฤษฎี เพื่อปูความรู้ให้แก่ผู้เรียน อาจให้ผู้เรียนตอบสนองได้โดยตั้งคำถามที่ไม่ยาก หรือมีคำตอบในกรอบนั้น

2. กรอบฝึกหัด (Practice Frame) เป็นกรอบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกหัด หรือตอบคำถามจากความรู้อย่างที่เรียนมาจากกรอบก่อนนี้ ซึ่งต้องผ่านการเรียนรู้มาก่อนเสมอ
3. กรอบรองกรอบส่งท้าย (Sub-Terminal Frame) เป็นกรอบที่จะนำไปสู่กรอบส่งท้าย มักให้ความรู้ที่จำเป็นก่อนถึงกรอบส่งท้าย
4. กรอบส่งท้าย (Terminal Frame) เป็นกรอบสุดท้าย มักเป็นกรอบที่เรียงจากง่ายไปยาก ซึ่งต้องผ่านกรอบอื่นๆ มาก่อน การตอบสนองมักจะมีมากกว่าสิ่งเร้า ซึ่งต่างจากกรอบอื่นๆ

3.3.3 ชนิดของบทเรียนโปรแกรม (39, 41, 44, 47, 48) มีดังนี้

1. บทเรียน โปรแกรมเชิงเส้น หรือเส้นตรง (Linear Program) บทเรียนชนิดนี้จะจัดลำดับเนื้อหาบรรจุลงในกรอบตามลำดับ ทีละกรอบจากกรอบแรกถึงกรอบสุดท้าย จะข้ามกรอบใด กรอบหนึ่งไม่ได้ แต่คนที่เรียนเก่งสามารถเรียนได้เร็วกว่าคนที่เรียนอ่อน บทเรียนแบบนี้จะสร้างง่าย
2. บทเรียน โปรแกรมแบบสาขา (branching Program) บทเรียนชนิดนี้จะจัดเนื้อหาเป็นกรอบๆ เช่นเดียวกับแบบเส้นตรง แต่จะมีกรอบย่อยๆ แยกออกมา จากกรอบหลักเป็นกรอบสาขา มีประโยชน์เพื่อให้ความรู้พื้นฐาน หรือความรู้เพิ่มเติม หรือให้คำแนะนำ สำหรับผู้ที่ต้องการคำแนะนำ ผู้เรียนทุกคนไม่จำเป็นต้องเรียนทุกกรอบ คนเก่งมักจะเรียนจบเร็วกว่าคนที่เรียนอ่อนเพราะไม่ต้องเสียเวลาแะเรียนตามกรอบสาขาย่อยๆ อีก
3. บทเรียนแบบ โปรแกรมแบบสาขาที่เป็นแบบเรียน จะไม่มีการจัดเรียงเนื้อหาแบบตำรา หรือหนังสือทั่วไป ผู้เรียนต้องเปิดอ่านตามหน้าที่บทเรียนกำหนดให้ ถ้าเป็นบทเรียน โปรแกรมที่ใช้กับเครื่องช่วยสอน ผู้เรียนจะถูกส่งให้กดปุ่มต่างๆ ที่มีหลายปุ่ม เพื่อเลือกคำตอบที่ถูกต้อง เครื่องสอนจะบังคับด้วยกลไกอัตโนมัติ ให้เลื่อนไปที่ละกรอบอาจเป็นกรอบหลัก หรือกรอบสาขาที่บทเรียนกำหนด ผู้เรียนจะกรอกคำตอบต่างๆ ปรากฏบนจอที่อยู่กับเครื่อง และเครื่องจะทำหน้าที่นับจำนวนข้อที่ตอบถูกต้องผิดให้ผู้เรียนทราบด้วย และถ้าเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้ออกแบบบทเรียนจะ โปรแกรมให้ใช้แป้นพิมพ์ หรืออุปกรณ์อื่น เช่น Mouse หรือจอภาพระบบสัมผัส เป็นต้น ซึ่งสามารถออกแบบให้แตกต่าง หรือซับซ้อนได้อีกมากมาย

บทเรียนแบบสาขานี้ ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้รายละเอียดแต่ละขั้นตอนได้เป็นอย่างดี แต่สร้างยากกว่าแบบเส้นตรง บทเรียนแบบสาขาที่สร้างได้ดีสามารถช่วยผู้เรียนได้ดี ตัวอย่างลักษณะวิธีการแตกสาขา ได้แก่

- การแตกสาขาแบบบ่วง (Remedial Loops) มีลักษณะเป็นบ่วงจะแตกสาขาไปแล้ววกกลับมาสู่กรอบขึ้นเดิมแล้วค่อยเรียนกรอบต่อไป จำนวนสาขาในบ่วงจะมีตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป

- การแตกสาขาลักษณะ Secondary Tracks การเรียนแบบนี้ ผู้เรียนเรียนกรอบขึ้นที่ 1 แล้วตอบคำถาม ถ้าผ่านได้ก็สามารถเรียนกรอบขึ้นที่ 2 ได้เลย แต่ถ้าผิดจะต้องแวะไปเรียนสาขาที่ 1 ก่อน ถ้าผ่านไปได้ก็ไปเรียนกรอบที่ 2 ถ้ายังไม่ผ่านต้องวนกลับไปเรียนกรอบ 1 ให้ผ่านก่อน ลักษณะนี้เรื่อยๆ ไปจนจบ

- การแตกสาขาลักษณะ Gate Frame เป็นการแตกสาขาข้ามกรอบขึ้นหลายๆ กรอบ เมื่อเข้าใจกรอบเริ่มต้นแล้ว ถ้าเกิดปัญหาไม่สามารถเรียนต่อไปได้ก็ต้องถอยหลังกลับมาเรียนในกรอบขึ้นที่ 1 อีกครั้ง เพื่อเสริมความรู้พื้นฐาน ทำเช่นนี้ได้เรื่อยๆ จนจบ

นอกจากการเรียนแบบสาขาดังกล่าว ยังมีแบบอื่นๆ อีก เช่น บทเรียนของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช เป็นแบบไม่แยกกรอบ จะเสนอเนื้อหาทีละเล็กละน้อย ต่อเนื่อง แล้วมีเฉลยคำตอบไว้ให้ตรวจสอบได้ทันที บทเรียนโปรแกรมอาจเป็นรูปสื่อประสม (Multi Media Program Instruct) เช่น สไลด์ประกอบคำบรรยาย ภาพชุดโปรแกรม ชุดการสอน ชุดการสอนทางไกล บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นต้น และรูปแบบเหล่านี้ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องยึดถือเป็นหลักตายตัว แบบเรียนสามารถยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ระดับสติปัญญา ประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

3.3.4 ประโยชน์ของบทเรียนโปรแกรม (46, 47) มีดังนี้

ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามความสามารถของตน

1. เป็นการแบ่งเบาภาระของครู ทำให้ครูมีโอกาสดูแลงานอื่นๆ ได้ ครูสามารถเอาใจใส่ผู้เรียนได้ทั่วถึงยิ่งขึ้น โดยเฉพาะผู้เรียนที่มีปัญหา
2. ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนครู
3. เป็นการเรียนที่ไม่จำกัดเวลา เหมือนการเรียนแบบอื่นๆ

4. เป็นการส่งเสริมความรับผิดชอบของผู้เรียนให้สามารถค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม หรือทบทวนด้วยตนเอง
5. สามารถนำมาใช้ได้หลายครั้ง โดยไม่เกิดความเบื่อหน่าย

3.3.5 ข้อจำกัดของบทเรียนโปรแกรม (46, 47) มีดังนี้

1. เมื่อสร้างเป็นบทเรียน โปรแกรมแล้ว ถ้าครูผู้สอนไม่ได้เป็นผู้สร้างอาจทำให้เกิดความเข้าใจไม่ชัดเจนในการใช้บทเรียนให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์
2. บทเรียน โปรแกรมเหมาะสำหรับเนื้อหาที่เป็นความจริง หรือความรู้พื้นฐานมากกว่าเนื้อหาที่ต้องการความคิดเห็น หรือความคิดริเริ่ม
3. ผู้เรียนขาดสังคม และการติดต่อซึ่งกันและกัน
4. ทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการเขียนหนังสือ เพราะผู้เรียนจะเขียนเฉพาะบางคำตอบเท่านั้น และส่วนใหญ่เป็นคำถามแบบเลือกตอบ
5. ทำให้เด็กเรียนเก่งเบื่อได้ง่าย
6. การใช้ภาษา อาจเป็นปัญหาในการติดต่อในบางท้องถิ่น

3.4 สื่อผสม (Multimedia)

สื่อประสมเป็นสื่อสมัยใหม่ที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในจำนวนเทคโนโลยีสารสนเทศทั้งหลาย ซึ่งได้นำเอาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital technology) มาใช้ในวงการการศึกษา สื่อมัลติมีเดียได้ใช้คอมพิวเตอร์นำเอาข้อความ ภาพ และเสียง ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งถูกบันทึกไว้ในรูปข้อมูล มาแสดงผลแปลงกลับเป็นข้อความ ภาพ และเสียง ทางจอภาพ และลำโพงผสมผสานกัน รวมทั้งควบคุมการแสดงผลของสื่อเหล่านั้น โดยโปรแกรม (Program) ตั้งงานคอมพิวเตอร์ทำให้สื่อเหล่านั้นมีลักษณะพิเศษขึ้น มีพลังในการสื่อสารอย่างมีชีวิตชีวา มากกว่าที่เกิดจากการใช้อุปกรณ์อื่นๆ (41, 44, 46)

ระบบสื่อประสมพัฒนาขึ้นมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบให้โต้ตอบกับผู้ใช้ได้ โดยใช้อุปกรณ์ชี้ตำแหน่ง (Mouse) และเป็นพิมพ์ (keyboard) ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้เรื่องราวต่างๆ ตามความสนใจ และซ้ำเร็วตามความสามารถของเขาเอง นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังสามารถตอบสนองต่อข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไปได้ทันที ทำให้ประเมินผลการเรียน หรือทราบผลความก้าวหน้าในการเรียนของตนเองได้ ความสามารถในการสร้างสื่อชนิดที่ตอบโต้ได้นี้เอง ได้ส่งผลต่อการพัฒนาระบบโทรทัศน์ให้เป็นแบบโต้ตอบได้ (Interactive Television) ในปัจจุบันด้วย

การนำเอาสื่อประสมมาใช้ในการศึกษาจริงๆ นั้นเริ่มต้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งหมายถึงการนำเอาระบบสื่อประสมมาช่วยในการสอนของครู จึงเรียกการใช้สื่อประสมเพื่อการศึกษาว่า “สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction: CAI) ในบางประเทศเรียกว่า Computer Assisted Learning: CAL และ Computer Managed Learning: CML ซึ่งทั้งหมดมีความหมายคล้ายกันคือ การใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอน” ต่อมาระบบสื่อประสมได้มีบทบาทเพิ่มขึ้น คอมพิวเตอร์ถูกใช้เพื่อช่วยการฝึกอบรมบุคคลากรในการเรียนรู้วิธีทำงาน การใช้เครื่องมือ หรืออื่นๆ และกำหนดใช้คำว่า CBT (Computer Based Training) หมายถึงสื่อคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยการฝึกอบรม ในหลายประเทศใช้คำว่า CBL (Computer Based Learning) คือการเรียนรู้โดยอาศัยเรียนจาก โปรแกรมที่ออกแบบไว้บนจอคอมพิวเตอร์

เทคโนโลยีเกี่ยวกับ Authoring และการพัฒนางานมัลติมีเดีย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ได้พัฒนาสร้างเครื่องมือสำหรับงานพัฒนามัลติมีเดีย เป็นซอฟต์แวร์ช่วยในการนำเอา content เข้าไปเก็บไว้ตามรูปแบบที่วางไว้ เพื่อนำเสนอในโอกาสต่อไป เทคโนโลยีนี้จึงเป็นเครื่องมือ ซึ่งได้แก่ การใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น Authorware Macromedia ToolBook Director ScriptX (44)

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน สามารถช่วยให้ระบบการเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยฮาร์ดแวร์เป็นเครื่องมือ ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน (39, 49) คือ

3.5.1 โปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ ส่วนใหญ่ภาษาคอมพิวเตอร์หลายๆ ภาษามักมีคำสั่งต่างๆ เพื่อที่จะให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถสร้างภาพกราฟฟิก และข้อความ ตลอดจนสามารถสร้างเสียงต่างๆ ได้ เช่น เสียงดนตรี ได้แก่ ภาษาเบสิก เช่น Gwbasic, Turbo Basic, Quick Basic, ภาษาปาสคาล เช่น Turbo Pascal, Microsoft Pascal, ภาษา C เช่น Turbo C, C++ เป็นต้น

3.5.2 โปรแกรมสำเร็จรูป เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย มีความสมบูรณ์ในตัวเอง สามารถสร้างภาพกราฟฟิก และเสียงได้ เช่น

- PC Storyboard และ Showpartner ซอฟต์แวร์ทั้งสอง เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่องาน Presentation ทำสไลด์โชว์ มีความสามารถในการสร้างภาพกราฟฟิกได้สวยงาม มีเครื่องมือในการวาดที่ง่ายต่อการเขียนรูป นอกจากนี้ยังสามารถให้ผู้ใช้ได้ออกแบบตัวอักษรเองได้อีกด้วย ผู้พัฒนาอาจสร้างอักษรภาษาไทย แต่ไม่ค่อยสะดวกเวลานำมาใช้พิมพ์เป็นข้อความ เพราะตัวอักษร

1 ตัว คือภาพ 1 ภาพ เวลาพิมพ์จะไม่มีการจัดระดับตัวอักษรได้อีกทั้ง ไม่มีคำสั่งที่จะช่วยในการรวมคะแนนของผู้เรียนเหมาะในการสร้างภาพแสดงผลการทำงานในรูปแบบสไลด์โชว์

- Fantavision เป็นโปรแกรมสำเร็จจากต่างประเทศ ที่ออกแบบมาในด้านของการสร้างภาพเคลื่อนไหว (Animation picture) ได้ดีมาก เหมาะที่จะนำไปทำภาพยนตร์ เพื่อการศึกษา แต่ตัวโปรแกรมไม่สนับสนุนในเรื่องการรวมผลคะแนน หรือการคำนวณใดๆ

- ดารา เป็นโปรแกรมที่ ดร.ทวีศักดิ์ กอนันต์กุล ร่วมกับมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ได้พัฒนาขึ้นมาใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างภาพผสมข้อความ ที่มีความละเอียดในจอโมโนโครมชนิด 720 x 704 โดยใช้ Display Card ที่ออกแบบมาพิเศษคือ ของเทลบิชไทยซิสเต็มๆ โปรแกรมดาราเป็นโปรแกรมอ่านบทภาพยนตร์ที่ผู้พัฒนาเขียนขึ้น และควบคุมบทภาพยนตร์ คำสั่งของดารา เช่น circle 100,200,63 หมายถึง วาดรูปวงกลมที่จุด 100,200 รัศมี 63 จุด มีความสามารถในการเชื่อมต่อกับภาษาปาสคาลได้ ในกรณีที่ผู้พัฒนาต้องการเขียนฟังก์ชันเพิ่มเติม แต่มีข้อจำกัดคือ การพัฒนาต้องอาศัยฮาร์ดแวร์พิเศษ ทำให้ไม่สามารถนำโปรแกรมที่พัฒนาแล้วไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นที่ไม่มีฮาร์ดแวร์พิเศษดังกล่าวได้

- VITAL (Vidiotext Integrated Teaching And Learning) ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ซึ่งทำการพัฒนาร่วมกับมหาวิทยาลัยอุบลแอร์ ประเทศแคนาดา เป็นระบบที่ค่อนข้างสมบูรณ์ที่สุดในขณะนี้แต่เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช โปรแกรมที่เป็นตัวสร้างบทเรียนที่เรียกกันว่า Authoring System ไม่ได้เผยแพร่ทางมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราชยินดีให้บริการในการสร้างบทเรียน (Courseware) โดยคิดค่าบริการ

- ไทยโชว์ เป็นโปรแกรมกราฟฟิคที่พัฒนาโดย อาจารย์อาจหาญ สัตยารักษ์ โรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง โปรแกรมตัวนี้มีความสามารถในการแข่งกราฟฟิคที่คิดรูปแบบแสดงผลได้ ไม่ว่าจะเป็นการสร้าง ภาพกราฟฟิค การแสดงข้อความ การทำแบบทดสอบซึ่งมีหลายประเภทได้แก่ แบบปรนัย แบบถูกผิด แบบจับคู่ และแบบเติมคำ ซึ่งมีการคิดคะแนนของผู้ทำแบบทดสอบได้อย่างสมบูรณ์ โปรแกรมไทยโชว์เป็นโปรแกรมสร้างบทเรียนที่สามารถเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งภาษาไทย ไทยโชว์สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ PC DOS หรือ MS DOS ได้ และมีหน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 640 KB สามารถแสดงได้ทั้งจอสี และจอโมโนโครม สามารถสร้างโปรแกรมด้าน Presentation สามารถสร้างภาพ หรือใช้ภาพประกอบจากแฟ้มภาพของโปรแกรมได้

- จูพา CAI เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ถูกนำมาใช้ เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้แก่ คณะแพทยศาสตร์ จูพาCAI พัฒนาขึ้นด้วยภาษา C, Qbasic, Assembly และ GRASP (Graphic animation System Professional) ซึ่งสามารถใช้สร้างบทเรียน ซึ่งมีภาพประกอบเป็นแบบกราฟฟิค ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว รวม

ทั้งอาจสร้างบทเรียนที่มีเสียงประกอบ เช่น เสียงเพลง จูฬาคAI ประกอบด้วย 3 โมดูล ได้แก่ ระบบจัดการภาษาไทย ระบบทองจันทร์ (เป็นระบบสอนแบบบูรณาการ เช่น บทเรียนจำลองสถานการณ์) และระบบเฉลยมารวิทย์ (เป็นระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม) โดยระบบจัดการภาษาไทยทำหน้าที่รับข้อมูลภาษาไทยจากแป้นพิมพ์ และควบคุมการแสดงผลภาษาไทยทางจอภาพ และเครื่องพิมพ์ สามารถแสดงผลได้ทั้งจอสี และจอโมโนโครม

- ไทยทัศน์ 2.0 (TAS: Thai Authoring System) (41) เป็นโปรแกรมประเภทการประพันธ์ (Authoring) ที่แยกการสร้างบทเรียน โปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง เพื่อให้ผู้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์มากนักได้สามารถใช้สร้างบทเรียนได้ตรงตามหลักสูตรที่ต้องการ โดยโปรแกรมเน้นความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ ผู้ใช้สามารถจัดข้อความ และภาพกราฟิกผ่านจอภาพ โดยไม่จำเป็นต้องจดจำคำสั่ง เพราะไทยทัศน์จะช่วยจัดการให้รวมทั้งเอื้ออำนวยต่อการใช้โปรแกรมประมวลคำทั่วไป ที่สามารถกำหนดข้อความที่นำมาแสดง กำหนดตำแหน่งข้อความบนจอภาพได้ตามต้องการ สามารถแก้ไขข้อความผ่านหน้าจอได้ สามารถทำภาพกระพริบ ภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งสามารถแสดงผลบนจอภาพทั้งจอสี และจอ โมโน โครมได้ สร้างโดย ดร.นงนุช วรรณนวะ, อาจหาญ สัตยารักษ์ และอำพล สงวนศิริธรรม

- Multimedia Toolbook เป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูปบนวินโดวส์ซึ่งใช้ในการสร้างโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ โดยเฉพาะโปรแกรมช่วยสอน ลักษณะพิเศษของโปรแกรม Toolbook จะมีสคริปต์อัตโนมัติ (Auto-Script) หรือบรรณาธิกรสคริปต์ เพื่อช่วยเขียนบท และตัวอย่างพร้อมใช้ เป็นต้น โปรแกรมสามารถนำเสนอเสียง และภาพเคลื่อนไหวได้ Toolbook เป็นซอฟต์แวร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ประเภทหนึ่งที่สามารถใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ (36)

- Authorware เป็นโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นเครื่องมือเชิงวัตถุ (Object Oriented) สำหรับสร้างบทเรียนโดยไม่ต้องใช้ภาษา Script หรือภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมใดๆ โดยที่ Authorware สามารถสร้างตรรกะด้วยสิ่งที่มองเห็นได้ และมองว่าโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างมีการตอบสนองต่อการโต้ตอบของผู้ใช้ (End User)

3.6 งานวิจัย และการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ดวงใจ ศรีธวัชชัย (46) ได้ทำการพัฒนานาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติ และอุตสาหกรรม ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นกลุ่มตัวอย่างประชากรคือ นักเรียนศึกษา

ปีที่ 5 จำนวน 34 คน ผลจากการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้สอนได้จริง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติ และอุตสาหกรรมนี้ พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมภาษา C บทเรียนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วไป บทเรียนสามารถใช้งานได้ง่าย เนื่องจากมีรายการให้เลือกเป็นภาษาไทย ใบเรียนประกอบด้วยเนื้อหา แบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อน และหลังเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เนื้อหาบทเรียนมีภาพประกอบ ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการสร้างขึ้นเป็นแบบลายเส้น ซึ่งผู้พัฒนาต้องวาดเอง ดังนั้นจึงทำให้ได้ภาพที่ไม่สวยงามนัก และแสดงภาพด้วยภาพสีเดียว ส่วนการเลือกทำรายการเป็นแบบกดคีย์หมายเลขที่ต้องการ ซึ่งถ้าเป็นแบบเลือกทำรายการ โดยใช้การเลื่อนแถบแสง จะช่วยทำให้โปรแกรมนี้น่าสนใจมากขึ้น

จิรภา อินตา (49) ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อเปรียบเทียบคะแนนที่ได้ ก่อนและหลังจากการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และทำการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยครู และนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีประสิทธิภาพดี และสามารถนำไปใช้ได้จริง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ พัฒนาจากโปรแกรมกราฟิกไทยโซว์ รุ่น 2.5 สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ PC DOS หรือ MS DOS ทั่วไป หน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 640 KB แสดงผลได้ทั้งจอสี และจอโมโนโครม โปรแกรมบทเรียนที่สร้างขึ้นบรรจุอยู่ในแผ่น Diskette 1 แผ่น ลักษณะโปรแกรมบทเรียนที่สร้างขึ้นอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนเป็นอย่างมากเนื่องจากมีรายการต่างๆ ให้เลือกทำรายการเป็นภาษาไทย โดยทำการเลื่อนแถบแสงไปมาได้ ส่วนเนื้อหาของบทเรียนมีการแสดงภาพประกอบ มีการเน้นข้อความสำคัญด้วยสีสัน การกระพริบของภาพ และตัวหนังสือ เป็นต้น ทำให้เกิดการเร้าความสนใจของผู้เรียน ส่วนทางด้านแบบทดสอบสามารถใช้แบบทดสอบได้หลายประเภท ได้แก่ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก แบบจับคู่ และแบบตอบถูกต้องผิด ทำให้แบบทดสอบมีความน่าสนใจมากขึ้น ส่วนข้อจำกัดของบทเรียนนี้ คือ ภาพที่แสดงยังดูหยาบ ภาพที่ใช้จะได้จากเพิ่มภาพของโปรแกรม ถ้าต้องการภาพที่นอกเหนือจากภาพในเพิ่มภาพ จะต้องทำการสร้างขึ้นเอง ซึ่งจะไม่สะดวกนัก หรือใช้อุปกรณ์ในการ Scan ภาพเข้ามาช่วย

ไตรรงค์ ปิมปา (47) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้าง และประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข เรื่องการสุขภาพสิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ใน

การวิจัยครั้งนี้ คือ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับตำบล จังหวัดนครปฐม จำนวน 42 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนี้ สามารถนำไปใช้ได้มีประสิทธิภาพ

โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมพัฒนาขึ้นจากโปรแกรม จูฬา CAI บทเรียนสามารถเลือกใช้งานจากรายการได้สะดวก บทเรียนประกอบด้วยเนื้อหาการเรียน 9 บทเรียน และในแต่ละบทเรียนจะประกอบไปด้วยแบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อน และหลังเรียน ชนิดแบบทดสอบเป็น แบบปรนัย 4 ตัวเลือก เท่านั้น ซึ่งถ้ามีรูปแบบของแบบทดสอบที่หลากหลายกว่าการเลือกตอบแบบปรนัย ก็ยังทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ในส่วนของเนื้อหาบทเรียนมีภาพประกอบจึงมีความสนใจมากขึ้น และการควบคุมบทเรียนสามารถใช้แป้นพิมพ์ หรือ Mouse ในการควบคุมได้

ชัยรัตน์ บุนี (39) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนา และประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องน้ำเพื่อชีวิต กลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสิรินธรราชวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม จำนวน 41 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีประสิทธิภาพดี และสามารถนำไปใช้ได้จริง

โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง น้ำเพื่อชีวิต พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม Authorware เวอร์ชัน 4.0 บทเรียนสามารถเลือกใช้งานจากรายการได้สะดวก บทเรียนประกอบด้วยเนื้อหาการเรียน 8 บทเรียน และในแต่ละบทเรียนจะประกอบไปด้วยแบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อน และหลังเรียน ชนิดแบบทดสอบเป็น แบบปรนัย 4 ตัวเลือก เท่านั้น ซึ่งถ้ามีรูปแบบของแบบทดสอบที่หลากหลายกว่าการเลือกตอบแบบปรนัย ก็ยังทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ในส่วนของเนื้อหาบทเรียนมีภาพประกอบจึงมีความสนใจมากขึ้น และการควบคุมบทเรียนสามารถใช้แป้นพิมพ์ หรือ Mouse ในการควบคุมได้

อนรรณ การพิศิษฐ์ (44) ได้ศึกษาเรื่อง การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องน้ำเสีย และการวิเคราะห์ค่า BOD กลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 จำนวน 25 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่สามารถช่วยเสริมให้ผู้ศึกษามีความรู้เพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้ได้จริง

โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง น้ำเสีย และการวิเคราะห์ค่า BOD พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม Authorware เวอร์ชัน 4.0 บทเรียนสามารถเลือกใช้งานจากรายการได้สะดวก บทเรียนประกอบด้วยเนื้อหาการเรียน 3 บทเรียน และในแต่ละบทเรียนจะประกอบไปด้วยแบบฝึกหัด

แบบทดสอบก่อน และหลังเรียน ชนิดแบบทดสอบเป็น แบบปรนัย 4 ตัวเลือก เท่านั้น ซึ่งถ้ามีรูปแบบของแบบทดสอบที่หลากหลายกว่าการเลือกตอบแบบปรนัย ก็ยังทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ในส่วนของเนื้อหาบทเรียนมีภาพประกอบจึงมีความสนใจมากขึ้น และการควบคุมบทเรียนสามารถใช้เป็นพิมพ์ หรือ Mouse ในการควบคุมได้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนการสอนแบบปกติ และผู้เรียนสามารถเรียนบทเรียนโปรแกรมได้ตามสะดวก แต่พบว่างานวิจัยข้างต้นนั้นเป็นบทเรียน โปรแกรมที่ครูผู้สอนจัดทำขึ้น เพื่อสอนนักเรียน โดยที่นักเรียนสามารถนำบทเรียนดังกล่าวไปเรียนเอง แต่ผู้วิจัยพบว่าการให้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมแก่นักเรียนนั้น ครูผู้สอนจำเป็นต้องมีความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ และสามารถถ่ายทอดกระบวนการความคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องจากปัญหาด้านบุคลากรผู้ฝึกอบรมครูมีน้อย และครูผู้สอนไม่มีเวลาไปค้นคว้าด้วยตนเอง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองสำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน และผู้สนใจทั่วไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองสร้างบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ โดยอาศัยข้อมูลที่เกี่ยวข้องในวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) นำมาสร้างเป็นบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ครูผู้สอนเกิดการเพิ่มพูนความรู้ในเรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และประเมินบทเรียนโปรแกรมที่สร้างเรียบร้อยแล้ว เพื่อตรวจสอบว่าบทเรียนชุดนี้สามารถให้ความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ แก่ครูและครูสามารถนำความรู้จากบทเรียนนี้ไปสอนให้นักเรียน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย
- 3.2 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 ตัวแปรที่ศึกษา
- 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 3.4.1 บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
 - 3.4.2 คู่มือการใช้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง
 - 3.4.3 แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรม
 - 3.4.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 3.5 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 3.5.1 การสร้างบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
 - 3.5.2 การสร้างคู่มือการใช้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง
 - 3.5.3 การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรม
 - 3.5.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 3.6 วิธีดำเนินการทดลอง
- 3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

- ประชากรในการประเมินประสิทธิภาพบทเรียน โปรแกรมฯ ได้แก่ ครูผู้สอน วิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 10 คน
- ประชากรในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 12 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 480 คน ของโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย เขต พญาไท กรุงเทพมหานคร

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

- กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ โปรแกรมฯ ได้แก่ ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ (ว 305) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ของโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย จำนวน 5 คน และ โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จำนวน 5 คน และครูจำนวน 1 คน จากกลุ่มตัวอย่างนี้จะถูกคัดเลือกให้นำความรู้จากบทเรียนโปรแกรมฯ ไปสอนนักเรียนในกลุ่มทดลอง และใช้ความรู้จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ (ว 305) สอนนักเรียนในกลุ่มควบคุม
- กลุ่มตัวอย่างในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) จำนวน 64 คน แบ่งเป็น 2 ห้อง ซึ่งนักเรียนทั้ง 2 ห้องนี้มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกันด้านคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) โดยกำหนดให้ครูจำนวน 1 คนนี้ ทดลองใช้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง และกำหนดกลุ่มนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้
 - ก. กลุ่มควบคุม คือ นักเรียน 1 ห้อง จำนวน 29 คน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เรียนกับครูที่สอนโดยใช้เนื้อหา เรื่อง บรรยากาศ ในวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ตามวิธีแบบปกติ
 - ข. กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนอีก 1 ห้อง จำนวน 35 คน โดยนักเรียนกลุ่มนี้เรียนกับครูที่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง และแนวทางการเรียนการสอน

3.2 วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอน เพื่อประเมินประสิทธิภาพโปรแกรม โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เพื่อลดความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างในด้านความรู้ทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) และเป็นผู้มีระดับความรู้ในระดับปริญญาตรี โดยเลือกครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสันติ-ราษฎร์วิทยาลัย จำนวน 5 คน และโรงเรียนเบญจมราชาลัย จำนวน 5 คน จำนวนครูทั้งหมด 10 คน

ส่วนการเลือกครูผู้สอนเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองใช้บทเรียนโปรแกรมฯ และสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เพื่อลดความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนในด้านความรู้ความสามารถในการเรียนรู้โปรแกรม และความสามารถในการสอนนักเรียน โดยเลือกจากครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย ที่สอนเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่อง มลพิษทางอากาศ และเป็นผู้มีระดับความรู้ในระดับปริญญาตรี จำนวน 1 คน

3.2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างนักเรียน

เลือกกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนที่ศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) และเรียนกับครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง คุณลักษณะนักเรียนที่อยู่ภายใต้มีความคล้ายคลึงกันด้านคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) จำนวน 2 ห้อง รวมนักเรียนทั้งสิ้น 64 คน

3.3 ตัวแปรที่ศึกษา

3.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีการสอนจากครู 2 วิธี ซึ่งได้แก่

1. วิธีการสอนของครูซึ่งสอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่อง บรรยากาศ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ด้วยวิธีการสอนตามปกติ
2. วิธีการสอนตามแนวทางการเรียนการสอน ซึ่งอยู่ในบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้น และให้ครูศึกษา แล้วนำไปทดลองสอนนักเรียน

3.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

3.4.1 บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการให้ความรู้แก่ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เพื่อให้ครูนำความรู้ดังกล่าวนี้ ถ่ายทอด ไปยังนักเรียนกลุ่มทดลอง

3.4.2 คู่มือการใช้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองเรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบการศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ เพื่อช่วยให้ผู้ศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ นี้สามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง

3.4.3 แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรม เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมฯ โดยจะให้ครูที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯเป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพโปรแกรม และนำผลที่ได้จากแบบประเมินนี้มาใช้ปรับปรุงจุดบกพร่อง และพัฒนาบทเรียนโปรแกรมฯ นี้

3.4.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือที่ใช้ทดสอบความรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพื่อวัดความรู้พื้นฐานในเนื้อหาที่เรียน เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ทั้งก่อนเรียน และหลังเรียน และนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผล เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมฯ สำหรับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สร้างขึ้นนี้

3.5 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีวิธีการสร้างดังต่อไปนี้

3.5.1 การสร้างบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.5.1.1 ขั้นตอนที่ 1: การวิเคราะห์เนื้อหา

1. ศึกษาปัญหาหลักสูตรการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันจาก รายงานการประชุมสัมมนาเกี่ยวกับการจัดทำหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษา เอกสารการปฏิรูปการศึกษา แผนพัฒนาการศึกษา ระยะที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) ข้อมูลสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน และเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย และปัญหามลพิษทางอากาศในปัจจุบัน
2. การวิเคราะห์เนื้อหา โดยศึกษาจากหลักสูตร และวิชาที่มีการสอนเนื้อหาสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) รวมทั้งหนังสือทางด้านมลพิษทางอากาศที่ใช้ประกอบการเรียนในวิชาสิ่งแวดล้อมของนักศึกษาในชั้นอุดมศึกษา เพื่อจัดทำเนื้อหาให้เหมาะสมสำหรับครูผู้สอน ซึ่งมีระดับความรู้ในขั้นปริญญาตรี
3. กำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียน โปรแกรม ซึ่งมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียน เรื่อง “มลพิษทางสิ่งแวดล้อมจากยานพาหนะ” ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เมื่อศึกษาบทเรียน โปรแกรมแล้ว ผู้เรียนมีความสามารถ ดังนี้
 - มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
 - มีความรู้ ความเข้าใจถึงแนวทางในการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
 - สามารถพัฒนาทักษะต่างๆ ที่จะนำไปใช้สอนสิ่งแวดล้อม ด้านมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
4. กำหนดขอบเขตของเนื้อหาบทเรียน โปรแกรมจากวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการสร้างเนื้อหาที่มีความครอบคลุมความรู้ ความเข้าใจตามที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์ และให้ครูสามารถใช้สอนนักเรียน ภายใน 1 คาบ (50 นาที) ซึ่งแบ่งเนื้อหาบทเรียนในโปรแกรม ออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1: - บทที่ 1 อากาศ และบรรยากาศ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับ ส่วนประกอบของอากาศ ความสำคัญของอากาศต่อสิ่งมีชีวิตการ

จำแนกชั้นบรรยากาศ และ ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตภายใต้บรรยากาศโลก

- บทที่ 2 ความหมายและแหล่งของการเกิดมลพิษทางอากาศ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับ ความหมายของมลพิษทางอากาศ และ แหล่งของการเกิดมลพิษทางอากาศ
- บทที่ 3 ปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับ แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และ มลพิษที่สำคัญจากยานพาหนะ และผลกระทบของมลพิษทางอากาศ
- บทที่ 4 แนวทางการแก้ไขปัญหาและการป้องกันจากมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับการตรวจวัด และแก้ปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และ มาตรฐานกฎหมาย และข้อบังคับ

ส่วนที่ 2: - แนวทางพัฒนาทักษะต่างๆ ในการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ แนวทางการจัดกระบวนการเรียนการสอน การวางแผนในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สื่อการเรียนการสอน และตัวอย่างในการเขียนบทปฏิบัติการ สำหรับการศึกษาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมในสถานศึกษาในเขตเมือง และการนำวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมมาสอน แบบบูรณาการได้

5. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ จากแหล่งต่างๆ เช่น ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ สถานการณ์ปัจจุบัน หนังสือที่ประกอบการเรียนการสอนในชั้นระดับอุดมศึกษา เป็นต้น
6. ประเมินผลการวิเคราะห์เนื้อหา และการออกแบบบทเรียน โดยนำเนื้อหาทั้งหมดที่กำหนดไว้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมทางด้านเนื้อหา และจุดประสงค์ของเนื้อหาแล้ว จึงนำไปสร้างเป็นบทเรียน โปรแกรมฯ ต่อไป

3.5.1.2 ขั้นตอนที่ 2: การสร้างบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง

หลังจากการศึกษา และกำหนดเนื้อหาบทเรียน เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ แล้ว ผู้วิจัยนำเนื้อหาบทเรียนดังกล่าว นำมาสร้างเป็นบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนในการสร้างบทเรียนดังต่อไปนี้

1. การสร้าง และออกแบบบทเรียนโปรแกรมเรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อม โดยการออกแบบโปรแกรมสาขาคือ การที่ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเรื่องใดก่อนก็ได้ หรือบทใดก่อนก็ได้ และในแต่ละบทจะมีรายการให้เลือกทำได้อีกได้แก่ การเรียนเนื้อหาในแต่ละหัวข้อย่อย แบบฝึกหัด รายการอ้างอิง และ ภาพผนวกต่างๆ หลังจากได้ออกแบบบทเรียน โปรแกรมเรียบร้อยแล้วนำเนื้อหาบทเรียนที่ได้ออกแบบ ไปนำเสนอคณะกรรมการผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบให้มีความถูกต้องเหมาะสม แล้วปรับปรุง
2. การพัฒนาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองตามทีออกแบบ และเขียนบทไว้ โดยใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียน โปรแกรม ToolBook II เวอร์ชัน 6.0

3.5.2 การสร้างคู่มือการใช้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง

คู่มือการใช้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองเป็นคู่มือที่เป็นเอกสาร มีคำอธิบาย แสดงรายละเอียดของเนื้อหาในบทเรียน และขั้นตอนวิธีการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง ตั้งแต่การเข้าสู่บทเรียน และการออกจากโปรแกรมโดยละเอียด เพื่อให้ผู้ใช้บทเรียน โปรแกรม ได้ศึกษาเป็นคู่มือประกอบการใช้บทเรียน โปรแกรมฯ

3.5.3 การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรม

แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรมนี้ เป็นแบบสอบถามชนิดปลายเปิด และปลายปิด โดยถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้บทเรียน โปรแกรมฯ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ หน่วยงานของผู้ตอบแบบสอบถาม อายุ วุฒิการศึกษา ประสบการณ์ในการสอน การเข้ารับการฝึกอบรมความรู้ทางด้านสิ่งแวดล้อม และการใช้คอมพิวเตอร์
2. ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้บทเรียน โปรแกรมฯ โดยถามถึงความเหมาะสมของบทเรียน โปรแกรมฯ ในด้านต่างๆ ดังนี้ เนื้อหาของบทเรียน การ

นำเสนอเนื้อหาในด้านของตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง ความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้ และแบบฝึกหัด

โดยได้กำหนดเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพไว้ 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง เมื่อจัดทำแบบประเมินแล้ว จึงนำไปให้คณะกรรมการผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขในความเหมาะสมของเนื้อหา และรูปแบบที่ใช้ก่อนที่จะนำไปใช้จริง

3.5.4 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ และเนื้อหา เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะจากหลักสูตร จากหนังสือแบบเรียนคู่มือครู ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก (Multiple Choice) จำนวน 30 ข้อ
2. นำแบบทดสอบที่ได้ไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบ
3. นำแบบทดสอบที่ได้มาปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่อง แล้วนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ในการคิดค่าความน่าเชื่อถือ ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.69 ซึ่งแสดงว่าข้อสอบชุดนี้เป็นข้อสอบที่มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์จากการเรียนของนักเรียนได้
4. นำแบบทดสอบมาแก้ไขข้อบกพร่อง และปรับปรุงอีกครั้ง แล้วใช้เป็นเครื่องมือในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาสอบประมาณ 25 นาที การให้คะแนนแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดให้ 0 คะแนน

3.6 วิธีดำเนินการทดลอง

นำบทเรียน โปรแกรมฯ ที่ได้สร้างขึ้น ไปใช้ เพื่อทำการทดลอง และประเมินหาประสิทธิภาพของบทเรียน โปรแกรมฯ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) จำนวน 10 คน ซึ่งเป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพบทเรียน โปรแกรมฯ โดยมีครูตัวอย่าง 1 คน ใน

จำนวน 10 คนนี้ เป็นผู้สอนนักเรียนในการทดลองนี้ และใช้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย กรุงเทพมหานคร โดยมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.6.1 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนโปรแกรมฯ

1. นำบทเรียน โปรแกรมฯ ที่สร้างขึ้นไปให้ครู ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ศึกษาเนื้อหาของบทเรียน โดยการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีคู่มือประกอบการใช้บทเรียน โปรแกรมฯ เป็นเวลา 1 สัปดาห์

2. นำแบบประเมินประสิทธิภาพของบทเรียน โปรแกรมฯ ที่ได้สร้างขึ้น (ในภาคผนวก ก) มาสอบถามความคิดเห็นของครูที่มีต่อบทเรียน โปรแกรมฯ ซึ่งคำถามในแบบประเมินนี้ ประกอบด้วยข้อมูล 2 ประเภท (1) คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน และ (2) คำถามเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้บทเรียน โปรแกรมฯ ซึ่งในคำถามส่วนนี้แบ่งระดับความคิดเห็นเป็นดีมาก ดีปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง

- เกณฑ์ในการให้คะแนนในแต่ละข้อคือ ถ้าเลือกข้อแสดงความคิดเห็นดีมากได้ 5 คะแนน ถ้าเลือกข้อดี หรือ ปานกลาง หรือ พอใช้ หรือ ควรปรับปรุง ได้คะแนน 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับ

3.6.2 ขั้นตอนในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

1. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักเรียนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นไปทดสอบความรู้พื้นฐานเรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ของนักเรียนตัวอย่างทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองก่อนที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนจากครูผู้สอน (Pre-test)

- เลือกครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) จำนวน 1 คน จากนั้นให้ครูคนนี้สอนเนื้อหาในเรื่อง บรรยากาศ วิชา วิทยาศาสตร์ (ว 305) ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ด้วยวิธีการสอนแบบปกติให้แก่นักเรียนในกลุ่มควบคุม จำนวน 1 ห้อง เป็นเวลา 50 นาที หลังจากนั้นทำการทดสอบความรู้ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ของนักเรียน หลังจากครูสอนเสร็จแล้ว (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน

2. ให้ครูคนเดิมศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้ครูคนนี้สอนนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 1 ห้อง ด้วยวิธีการเรียนการสอนตามแนวทางที่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เป็นเวลา 50 นาที หลังจากทำการทดสอบความรู้ เรื่อง มลพิษทางอากาศ



จากยานพาหนะของนักเรียน หลังจากครูสอนเสร็จแล้ว (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน

3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังจากที่นำบทเรียนโปรแกรมฯ ที่ได้สร้างขึ้นไปให้ครูศึกษา และครูเป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของบทเรียนโปรแกรมฯ และอีกส่วนหนึ่งเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการหาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.7.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของ การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของบทเรียนโปรแกรมฯ โดยให้ครูกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ จำนวน 10 คน ทำการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของบทเรียนโปรแกรมฯ โดยการกรอกข้อมูล และตอบคำถามลงในแบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของบทเรียนโปรแกรมฯ (ในภาคผนวก ก) และนำคำตอบในแบบประเมินมาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่อง และพัฒนาบทเรียน โปรแกรมฯ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.7.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของ การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบของนักเรียนทั้งแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) นำมาวิเคราะห์ข้อมูล

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for Windows เวอร์ชัน 9.01 โดยใช้ค่าสถิติดังนี้

3.8.1 การทดสอบที (t-test) เป็นการทดสอบหาค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

- เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายในกลุ่มเดียวกัน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างคะแนนสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) กับคะแนนสอบภายหลังการทดลอง (Post-test) ของนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองใช้วิธีการคำนวณแบบ t-test Pairs ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย Pre-test และ Post-test ซึ่ง นักเรียน

คนเดียวกันจะต้องมีคะแนนสอบทั้ง Pre-test และ Post-test หากมีนักเรียนคนใดขาดสอบครั้งหนึ่งครั้งใดต้องทำการตัดนักเรียนคนนั้นออกไปจากการวิเคราะห์ผล ซึ่งทำให้จำนวนนักเรียนหายไป โดยให้เกณฑ์การแปลความหมายจากค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤต ที่ความเชื่อมั่น 99% หรือที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

- เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละกลุ่มระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทั้งก่อนและหลังการทดลอง ใช้วิธีการคำนวณแบบ t-test Group เป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งต่างจาก t-test Pairs โดยให้เกณฑ์การแปลความหมายจากค่าสถิติที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤต ที่ความเชื่อมั่น 99% หรือที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

3.8.2 การหาค่าเฉลี่ยของคะแนน (Mean) จากการประเมินผลการทำงานของบทเรียนโปรแกรมฯ ด้วยแบบสอบถามความคิดเห็น หลังจากครูกลุ่มทดลองได้ศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ เรียบร้อยแล้ว ให้ครูกลุ่มทดลองตอบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อบทเรียนโปรแกรมฯ มีความคิดเห็นว่าบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้อยู่ระดับใด เหมาะสมมากน้อยเพียงใด ในแบบสอบถามความคิดเห็นนี้เป็นแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า และตรวจให้คะแนนโดยการแทนค่าความคิดเห็นดังนี้ ดีมาก เท่ากับ 5 คะแนน ดี เท่ากับ 4 คะแนน ปานกลาง เท่ากับ 3 คะแนน พอใช้ เท่ากับ 2 คะแนน และควรปรับปรุง เท่ากับ 1 คะแนน และในการคิดค่าคะแนนเฉลี่ยของแบบสอบถามความคิดเห็นนี้ ในแต่ละข้ออาจเกิดคะแนนเฉลี่ยในรูปของทศนิยมขึ้น เพื่อให้การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็นเป็นไปอย่างถูกต้อง และเหมาะสม ผู้วิจัยใช้เกณฑ์เดียวกับระบบการตรวจให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า โดยแบ่งช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยให้เกณฑ์ในการแปลความหมายจากค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นดังนี้ (50)

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.49 หมายถึง ควรปรับปรุง

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.50 – 2.49 หมายถึง พอใช้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.50 – 3.49 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.50 – 4.49 หมายถึง ดี

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.50 – 5.00 หมายถึง ดีมาก

หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และแบบสอบถามความคิดเห็น เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมเรียบร้อย นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเขียนผลการศึกษา และสรุปผลการวิจัยพร้อมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลอง โดยการสร้างบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง บทเรียน โปรแกรมด้านสิ่งแวดล้อม สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียน โปรแกรมฯ โดยการสอบถามความคิดเห็นของครูที่มีต่อบทเรียน โปรแกรมฯ และได้นำไปทดลองสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง มลพิษทางอากาศ จากยานพาหนะ ระหว่างกลุ่มทดลอง เมื่อเรียนกับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ กับกลุ่มควบคุม ซึ่งเรียนกับครูที่ไม่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ ที่สร้างขึ้น จากนั้นได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

จากการนำบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ไปให้กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 10 คน ทดลองใช้ และแสดงความคิดเห็นต่อบทเรียน โปรแกรมฯ ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4-1 ถึง 4-7 ดังต่อไปนี้

จากตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านเนื้อหาของบทเรียน มีค่าเท่ากับ 4.29 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยค่าเฉลี่ยในด้านความครอบคลุมของเนื้อหาในบทเรียน และการนำเอาเนื้อหาความรู้ไปใช้ประโยชน์มีค่าเท่ากับ 4.6 และ 4.5 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และในด้านอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 4.0-4.4 ซึ่งอยู่ในระดับดี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะมีเนื้อหาที่ครอบคลุม และสามารถนำเอาเนื้อหาความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ดีมาก

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านเนื้อหาของบทเรียน

หัวข้อการประเมินด้านเนื้อหาของบทเรียน	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณของเนื้อหาที่มีความเหมาะสม	4.2
ความครอบคลุมของเนื้อหา	4.6
ความกระชับของเนื้อหา	4.1
การแบ่งหัวข้อย่อยของเนื้อหา	4.4
ความยากง่ายของเนื้อหา	4.0
ความน่าสนใจของเนื้อหา	4.2
ความชัดเจนของภาษาในการอธิบายเนื้อหา	4.3
การนำเอาเนื้อหาความรู้ไปใช้ประโยชน์	4.5
ค่าเฉลี่ย	4.29

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วนของตัวอักษร

หัวข้อการประเมินด้านการนำเสนอในส่วนของตัวอักษร	ค่าเฉลี่ย
ขนาดตัวอักษรมีขนาดเหมาะสม	3.2
สีของตัวอักษรและพื้นหลังมีความเหมาะสม	3.8
การใช้ตัวอักษรในการเชื่อมโยงไปสู่ส่วนต่างๆของบทเรียน	4.0
ค่าเฉลี่ย	3.67

จากตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วนของตัวอักษรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยค่าเฉลี่ยของการใช้ตัวอักษรในการเชื่อมโยงไปสู่ส่วนต่างๆของบทเรียน และความเหมาะสมของสีตัวอักษรและพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 4.0 และ 3.8 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับดี ในด้านความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 อยู่ในระดับปานกลาง อาจกล่าวได้ว่า โดยภาพรวมของบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะมีการนำเสนอเนื้อหาในส่วนของตัวอักษรปานกลางถึงดี

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วน
ของภาพนิ่ง

หัวข้อการประเมินด้านการนำเสนอในส่วนของภาพนิ่ง	ค่าเฉลี่ย
ความชัดเจนของภาพนิ่ง	4.0
ความสอดคล้องของภาพนิ่งกับเนื้อหา	4.1
สีของภาพนิ่ง	4.2
การสื่อความหมายของภาพนิ่ง	4.0
ปริมาณของภาพนิ่ง	4.1
การจัดตำแหน่งข้อมูลที่แสดงบนจอภาพ	3.8
ค่าเฉลี่ย	4.03

จากตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วนของภาพนิ่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยค่าเฉลี่ยความเหมาะสมสีของภาพนิ่งมีค่าเท่ากับ 4.2 ซึ่งอยู่ในระดับดี ในด้านความสอดคล้องของภาพนิ่งกับเนื้อหา และปริมาณของภาพนิ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 ซึ่งอยู่ในระดับดี ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะมีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วนของภาพนิ่งดี

ตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วน
ของเสียง

หัวข้อการประเมินด้านการนำเสนอในส่วนของเสียง	ค่าเฉลี่ย
ความชัดเจนของเสียง	3.0
ความสอดคล้องของเสียงกับเนื้อหา	3.4
เสียงช่วยให้เกิดความน่าสนใจในบทเรียน	3.3
การสื่อความหมายของเสียง	3.6
ค่าเฉลี่ย	3.33

จากตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วนของเสียง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.33 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยค่าเฉลี่ยของการสื่อความหมายของเสียงมีค่าเท่ากับ 3.6 ซึ่งอยู่ในระดับดี ในด้านความสอดคล้องของเสียงกับเนื้อหาเสียงช่วยให้เกิดความน่าสนใจในบทเรียน และความชัดเจนของเสียงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 , 3.3 และ 3.0 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะมีการนำเสนอเนื้อหาในส่วนของเสียงในบทเรียนอยู่ในระดับปานกลางถึงดี

ตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วน
ของภาพเคลื่อนไหว

หัวข้อการประเมินด้านการนำเสนอในส่วนของภาพเคลื่อนไหว	ค่าเฉลี่ย
ความชัดเจนของภาพและเสียง	3.8
ภาพเคลื่อนไหวทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจ	3.4
ความยาวของภาพเคลื่อนไหว	3.3
จำนวนของภาพเคลื่อนไหว	3.1
ค่าเฉลี่ย	3.4

จากตารางที่ 4-5 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในส่วนของภาพเคลื่อนไหว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยค่าเฉลี่ยความชัดเจนของภาพ และเสียงมีค่าเท่ากับ 3.8 ซึ่งอยู่ในระดับดี ในด้านภาพเคลื่อนไหวทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจ ความยาวของภาพเคลื่อนไหว และจำนวนของภาพเคลื่อนไหวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.4, 3.3 และ 3.1 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะมีการนำเสนอภาพเคลื่อนไหวในเนื้อหาของบทเรียนอยู่ในระดับปานกลางถึงดี

จากตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยค่าเฉลี่ยรูปแบบของการนำเสนอของโปรแกรม และความยากง่ายในการใช้งานโปรแกรม มีค่าเท่ากับ 4.0 และ 3.8 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับดี ในด้านการโต้ตอบกับผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่ง

อาจกล่าวได้ว่า บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะมีความสามารถในการให้บริการแก่ผู้ใช้งานกลางถึงดี

ตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้

หัวข้อการประเมินด้านความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้	ค่าเฉลี่ย
ความยากง่ายในการใช้งานโปรแกรม	3.8
รูปแบบของการนำเสนอของโปรแกรม	4.0
การโต้ตอบกับผู้ใช้	3.2
ค่าเฉลี่ย	3.67

ตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านแบบฝึกหัด

หัวข้อการประเมินด้านแบบฝึกหัด	ค่าเฉลี่ย
แบบฝึกหัดสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน	3.6
ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในคำถามและคำตอบ	3.8
จำนวนคำถามในแบบฝึกหัด	3.1
ค่าเฉลี่ย	3.5

จากตารางที่ 4-7 ค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในด้านแบบฝึกหัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 ซึ่งอยู่ในระดับดี โดยค่าเฉลี่ยความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในคำถามและคำตอบ และแบบฝึกหัดสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน มีค่าเท่ากับ 3.8 และ 3.6 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับดี ในด้านจำนวนคำถามในแบบฝึกหัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.1 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะมีแบบฝึกหัดที่มีความเหมาะสมปานกลางถึงดี

- ความคิดเห็นด้านอื่นๆ ของกลุ่มตัวอย่าง

ความคิดเห็นด้านอื่นๆ หลังจากการทดลองใช้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่า ในส่วนของเสียง

บรรยายควรมีเสียงเพลงเบาๆ ขึ้นนำก่อนมีเสียงบรรยาย ในส่วนของแบบฝึกหัด ควรมีแบบทดสอบแบบปรนัย และควรมีเกมแทรกเข้ามาในเนื้อหา ทำให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้น และเพื่อความบันเทิง เพลิดเพลินในการเรียนบทเรียน โปรแกรมฯ นี้ด้วย

4.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนกลุ่มควบคุมมีจำนวน 29 คน มาสอบ Pre-test 28 คน และสอบ Post-test 26 คน ส่วนนักเรียนกลุ่มทดลองมีจำนวน 35 คน มาสอบ Pre-test 34 คน และสอบ Post-test 34 คน ในการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test group และการวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test Pairs ซึ่งวิธีนี้ นักเรียนแต่ละคนต้องมีคะแนนสอบทั้ง Pre-test และ Post-test หากนักเรียนคนใดไม่มีคะแนนสอบทั้ง 2 อย่างนี้ จะต้องตัดนักเรียนคนนี้ออกไป ทำให้จำนวนนักเรียนลดลงไป ดังตารางที่ 4-8 และ 4-9

4.2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 4-8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	N	Mean	S.D.	Pair Sample Test; Sig (2-tailed)
ก่อนการทดลอง	กลุ่มควบคุม	28	13.50	3.66	0.177
	กลุ่มทดลอง	34	14.71	3.19	
หลังการทดลอง	กลุ่มควบคุม	26	18.08	2.56	0.001*
	กลุ่มทดลอง	34	20.50	2.64	

*มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4-8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพื่อจัดพื้นฐานความรู้ที่ไม่เท่ากันออกไป คะแนนสอบก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.50 ส่วนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.71 และเมื่อ

พิจารณาค่า t-test จะพบว่า ค่า t ที่คำนวณได้มีค่า Sig (2-tailed) เท่ากับ 0.177 ซึ่งมีความมากกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงว่า ค่า Sig (2-tailed) ที่คำนวณได้นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ก่อนการทดลองของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม มีความรู้ก่อนทดลอง ไม่แตกต่าง

ส่วนผลการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ภายหลังจากทดลองของกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 18.08 ส่วนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.50 และเมื่อพิจารณาค่า t-test จะพบว่า ค่า t ที่คำนวณได้มีค่า Sig (2-tailed) เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีความน้อยกว่าค่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงว่า ค่า Sig (2-tailed) ที่คำนวณได้นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่องมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ภายหลังจากทดลองของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งให้แสดงว่า นักเรียนที่เรียนจากครูที่ศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากครูที่ไม่ได้ศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

4.2.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายในกลุ่ม

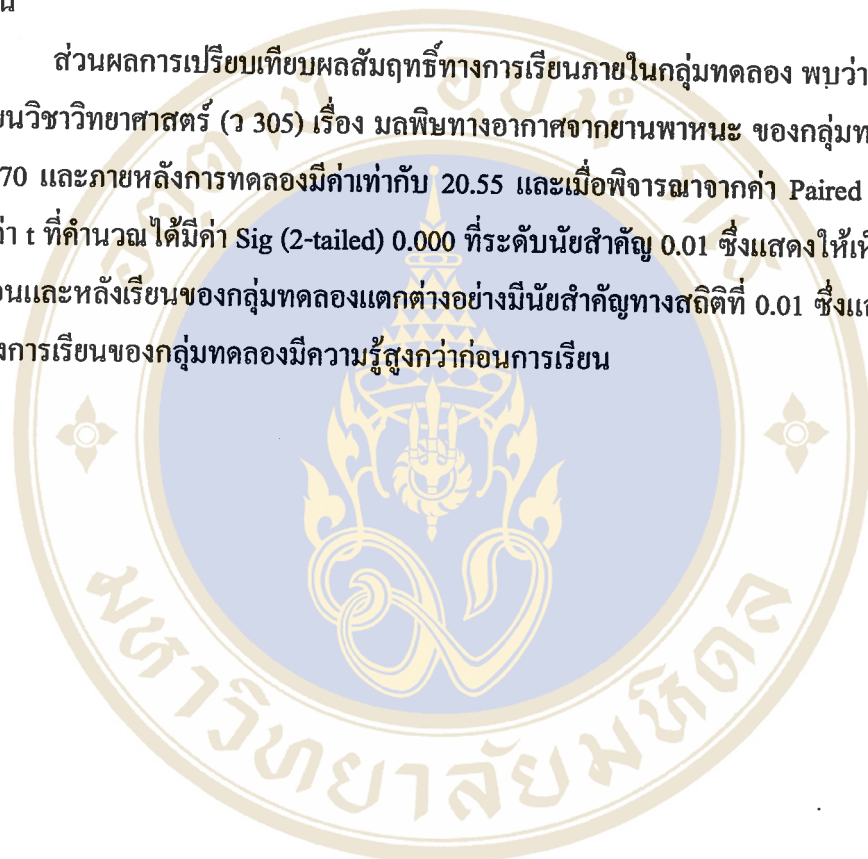
ตารางที่ 4-9 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนการทดลอง และคะแนนการทดสอบภายหลังจากทดลองของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบ	N	Mean	S.D.	Pair Sample Test; Sig (2-tailed)
กลุ่มควบคุม	ก่อนการทดลอง	25	13.76	3.65	0.000*
	หลังการทดลอง	25	17.88	2.40	
กลุ่มทดลอง	ก่อนการทดลอง	33	14.70	3.24	0.000*
	หลังการทดลอง	33	20.55	2.67	

*มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4-9 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ของกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 13.76 และภายหลังการทดลองมีค่าเท่ากับ 17.88 และเมื่อพิจารณาจากค่า Paired Sample Test พบว่า ค่า t ที่คำนวณได้มีค่า Sig (2-tailed) 0.000 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนของกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 แสดงให้เห็นว่า ภายหลังการเรียนกลุ่มควบคุมมีความรู้สูงกว่าก่อนการเรียน

ส่วนผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายในกลุ่มทดลอง พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 14.70 และภายหลังการทดลองมีค่าเท่ากับ 20.55 และเมื่อพิจารณาจากค่า Paired Sample Test พบว่า ค่า t ที่คำนวณได้มีค่า Sig (2-tailed) 0.000 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ภายหลังการเรียนของกลุ่มทดลองมีความรู้สูงกว่าก่อนการเรียน



บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผล

5.1.1 การบรรลุวัตถุประสงค์

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อสร้างบทเรียนโปรแกรมด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เมื่อเรียนจากครูที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น และนักเรียนที่เรียนกับครูที่ไม่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น

จากการทดลอง ผู้วิจัยสามารถสร้างบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 นำบทเรียน โปรแกรมฯ ดังกล่าวไปให้ครูกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ และประเมินประสิทธิภาพบทเรียน โปรแกรมฯ โดยสอบถามความคิดเห็นครูกลุ่มตัวอย่างจาก โรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย และโรงเรียนเบญจมราชาลัย ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 หลังจากนั้นให้ครูกลุ่มตัวอย่าง 1 คนสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ผล ดังเห็นได้จากผลการทดลอง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ข้อ ที่ได้ตั้งไว้

5.1.2 ผลการศึกษากับสมมติฐานของการวิจัย

5.1.2.1 การทดลองใช้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ของครูกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยาน

พาหนะมีเนื้อหา และการนำเสนอเนื้อหาในด้านตัวอักษร ภาพนิ่ง และความสามารถของโปรแกรม ในการให้บริการแก่ผู้ใช้ และแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี ในส่วนการนำเสนอด้านเสียง และภาพ เคลื่อนไหวนั้น ครูผู้ใช้บทเรียนโปรแกรมฯ นี้มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง นอกจากนี้บทเรียน โปรแกรมนี้ ควรเพิ่มแบบทดสอบแบบปรนัย และมีเกม เพื่อความบันเทิง เพลิดเพลินในการเรียน บทเรียนโปรแกรมฯ นี้ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาติรี เกิดธรรม (41) ดวงใจ ศรีธวัชชัย (46) และไตรรงค์ ปิมปา (47) ที่กล่าวไว้ว่าบทเรียนโปรแกรมมีลักษณะที่ให้ความเป็นส่วนตัวแก่ผู้ เรียนเป็นการช่วยให้ผู้เรียนที่เรียนช้า สามารถเรียนไปได้ตามความสามารถของตน โดยไม่ต้องอายุผู้ อื่น และไม่ต้องอายุเครื่องมือเมื่อตอบคำถามผิด โดยไม่จำกัดเวลาในการเรียน ผู้เรียนสามารถทบทวนบทเรียนที่เรียนมาได้หลายครั้ง สามารถเรียนตามลำพัง โดยไม่เกิดความเบื่อหน่าย เนื่องจาก บทเรียนโปรแกรมมีการโต้ตอบได้ทันที มีสี ภาพที่มีการเคลื่อนไหว และเสียงดนตรีทำให้ผู้เรียน เกิดความตื่นเต้น ไม่เบื่อ

5.1.2.2 จากการประเมินประสิทธิภาพบทเรียน โปรแกรมด้วยการสอบถามความ คิดเห็นของครูกลุ่มตัวอย่าง สามารถจัดเป็น 2 ระดับความพอใจ ได้แก่

1. ระดับดีถึงดีมาก คือ ด้านเนื้อหาของบทเรียน โดยครูกลุ่มตัวอย่างมี ความพอใจในระดับดีมาก 4 คน และระดับดี 6 คน เนื่องจากเนื้อหาในบทเรียนมีปริมาณที่เหมาะสม ครอบคลุม กระชับ มีเนื้อหาที่น่าสนใจ มีการใช้ภาษาที่ชัดเจน และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ ประโยชน์ต่อไป นอกจากนี้ในส่วนนำเสนอภาพนิ่ง ที่มีสีสรรดีมาก ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหา ที่มีอยู่ โดยมีการจัดตำแหน่งการนำเสนอที่เหมาะสมดี จำนวนภาพนิ่งอยู่ในระดับเหมาะสม แต่หาก ต้องการให้อยู่ในระดับดีมาก จำเป็นต้องหาภาพที่แปลกตา และมีจำนวนมากกว่านี้ เพื่อดึงดูดความ สนใจของผู้ใช้

2. ระดับปานกลางถึงดี ได้แก่

- ด้านการนำเสนอบทเรียนในส่วนของตัวอักษร ซึ่งครูมีความพอ ใจในระดับดี (3.67) โดยอยู่ในระดับดีมาก 2 คน ระดับดี 5 คน ระดับปานกลาง 2 และระดับพอใช้ 1 คน เนื่องจากขนาดของตัวอักษรที่ใช้มีขนาดปานกลาง ผู้ใช้บางคนต้องเพ่งสายตาในการอ่านเนื้อหา จึงควรปรับขนาดตัวอักษรให้มีขนาดใหญ่ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถดูได้อย่างสบายตา ส่วนการใช้อักษรใน การเชื่อมโยงไปสู่ส่วนต่างๆ ของบทเรียน ควรมีคำแนะนำอย่างละเอียดในกลุ่มมือการใช้บทเรียน เนื่อง จากผู้ใช้บางคนไม่ทราบวิธีการใช้อักษรเชื่อมโยง

- ด้านการนำเสนอในส่วนของเสียง และภาพเคลื่อนไหว ซึ่งครูมี ความพอใจในระดับปานกลาง (3.33) โดยอยู่ในระดับดีมาก 1 คน ระดับดี 5 คน ระดับปานกลาง 3 คน และระดับพอใช้ 1 คน เนื่องจากการนำเสนอด้านเสียง มีข้อจำกัดทางด้านห้องอัดเสียง อุปกรณ์

สำหรับการสร้างเสียงบรรยาย เช่น ไมโครโฟนต้องมีคุณลักษณะที่ให้เสียงที่ชัดเจน และต้องมีอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อสนับสนุนในการสร้างมัลติมีเดีย ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาแพง ทั้งยังต้องมีซอฟต์แวร์ใช้ในการบันทึกเสียง และแปลงไฟล์ (File) ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อประหยัดเนื้อที่ในการเก็บ ในด้านของการนำเสนอภาพเคลื่อนไหวนั้น จำเป็นต้องอาศัยซอฟต์แวร์ และต้องมีความรู้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว อีกทั้งภาพเคลื่อนไหวมีขนาดใหญ่ จึงทำให้เปลืองเนื้อที่ในการเก็บบันทึก ซึ่งมีผลทำให้บทเรียนโปรแกรมมีขนาดใหญ่ เกิดการนำเสนอด้านภาพเคลื่อนไหวช้า ไม่ทันใจผู้ใช้นอกจากนี้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวในโปรแกรม ToolBook II จะต้องมีความรู้ในการเขียนภาษา OpenScript ซึ่งต้องอาศัยระยะเวลาในการทำความเข้าใจ และเขียนโปรแกรม เพื่อให้เกิดภาพเคลื่อนไหวที่สวยงาม

- ด้านความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้ ซึ่งครูส่วนใหญ่มีความพอใจในระดับดี (3.67) โดยอยู่ในระดับดีมาก 2 คน ระดับดี 5 คน ระดับปานกลาง 2 คน และระดับพอใช้ 1 คน เนื่องจากการใช้บทเรียน โปรแกรมฯ อยู่ในรูปของแผ่น CD เมื่อผู้ใช้ใส่แผ่น CD ลงใน CD Drive เครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงบทเรียน โปรแกรมฯ ให้ทันที แต่เนื่องจากการแสดงบทเรียน โปรแกรมฯ ในแผ่น CD นั้น มีความสามารถในการอ่านข้อมูลและแสดงข้อมูลอย่างจำกัด ซึ่งเป็นผลให้การนำเสนอบทเรียนในส่วนต่างๆ รวมทั้งการบริการของโปรแกรมเกิดความล่าช้า ดังนั้น ควรนำบทเรียน โปรแกรมฯ จากแผ่น CD คัดลอก (Copy) ลงในฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) เพื่อการแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังขึ้นกับความเร็วของหน่วยความจำหลัก (RAM) และองค์ประกอบต่างๆ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ จากการสอบถามครูตัวอย่าง ปรากฏว่า เครื่องคอมพิวเตอร์ของครูกลุ่มตัวอย่างท่านหนึ่งมี RAM เพียง 30 MB เมื่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ดังกล่าวดูบทเรียน โปรแกรม พบว่า ความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการช้ามาก และต้องรอนานกว่า 30 นาที เพื่อศึกษาบทเรียน ผู้วิจัยพบว่า ในการใช้บทเรียน โปรแกรมนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์ควรมี RAM ประมาณ 64 MB ขึ้นไป

- ด้านแบบฝึกหัด ครูส่วนใหญ่มีความพอใจในระดับดี (3.5) โดยอยู่ในระดับดีมาก 1 คน ระดับดี 5 คน ระดับปานกลาง 2 คน และระดับพอใช้ 2 คน เนื่องจากระบบฝึกหัดที่มีอยู่ในบทเรียนเป็นแบบอัตโนมัติ และจากการสอบถามครูกลุ่มตัวอย่างพบว่า ครูส่วนใหญ่ต้องการแบบฝึกหัดที่เป็นแบบปรนัย เพื่อสามารถทดสอบความเข้าใจในบทเรียนได้

แต่ผลการประเมินประสิทธิภาพบทเรียน โปรแกรมจากความคิดเห็นของครูเมื่อ ดูโดยรวมทั้งบทเรียนปรากฏว่า ครูมีความคิดเห็นว่า บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เป็นบทเรียน โปรแกรมที่ดี สามารถเสริมสร้างความรู้

ความเข้าใจ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และสามารถนำความรู้ไปใช้สอนนักเรียนต่อไป และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้อย่างเหมาะสม

5.1.2.3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนกับครูซึ่งศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ กับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนกับครูซึ่งไม่ได้ศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ โดยมีการเรียนการสอนตามแบบเรียนเดิมในวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง นักเรียนที่เรียนกับครูซึ่งศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนกับครูซึ่งสอนตามแบบเรียนเดิม ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของงานวิจัยนี้ว่า ครูสอนด้วยวิธีการสอนตามบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สามารถสอนให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนกับครู ซึ่งใช้วิธีการสอนตามแบบเรียนเดิม ในวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305) และยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของชัยรัตน์ บุญมี (39) อนรรฆ การพิศิษฐ์ (44) ดวงใจ ศรีรัชชัย (46) ไตรรงค์ ปิมปา (47) และ จีรภา อินตา (49) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วย โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนการเรียน บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงสามารถนำไปใช้เพื่อการเรียนรู้ และเสริมสร้างความรู้ให้แก่ผู้เรียนได้

5.1.3 การสร้างโปรแกรม

การสร้างและพัฒนาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น นอกจากต้องใช้ความรู้ในการสร้างเนื้อหาของบทเรียน โดยการศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ โดยเนื้อหาที่อยู่ในบทเรียนโปรแกรมฯ ควรเป็นความรู้ในระดับปริญญาตรี และเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาด้านมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ แล้วนั้นยังจำเป็นต้องมีความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์อีกด้วย ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาเนื้อหา และโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนบทเรียนโปรแกรมฯ ขึ้น เมื่อผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนโปรแกรมฯ นี้เสร็จพบว่า ปริมาณเนื้อหาในบทเรียนโปรแกรมฯ ค่อนข้างมาก โดยมีการนำเสนอเนื้อหาด้วยข้อความ รูปภาพ และภาพเคลื่อนไหว และมีแบบฝึกหัดให้ทดสอบ ทั้งนี้ในการเรียนบทเรียน โปรแกรมฯ นั้น ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเรื่องที่ต้องการศึกษาเรื่องใดก่อนก็ได้ ซึ่งไม่มีการบังคับในการเรียน เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสะดวกในการเลือกเรื่องที่สนใจศึกษา และเรียนได้อย่างเพลิดเพลินใจ

จากการสร้าง และพัฒนาบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ โดยใช้โปรแกรม ToolBook II Version 6.0 พบว่า ได้รับความสะดวกและลดระยะเวลาในการศึกษาการเขียนโปรแกรมที่มีความซับซ้อนลงได้เป็นอย่างมาก เช่น การเขียนโปรแกรมโต้ตอบกับผู้ใช้ การสร้างอักษร อักษรเคลื่อนที่ และภาพนิ่ง นอกจากนี้ยังสามารถนำสื่อผสมประเภทต่างๆ มาใส่ไว้ในโปรแกรม เช่น เสียง และ ภาพเคลื่อนที่ ตลอดจนได้รับความสะดวกจากเครื่องมือที่มีอยู่ในโปรแกรมนี้ ลักษณะของโปรแกรม ToolBook II นี้ คล้ายกับหนังสือซึ่งผู้ใช้สามารถสร้างบทเรียนโปรแกรมตามแบบหนังสือจริงที่ผู้ใช้ออกแบบไว้ได้อย่างง่าย ซึ่งต่างจากโปรแกรม Authorware ที่มีลักษณะเป็น Flow line คล้าย Flow chart ซึ่งผู้ใช้โปรแกรมนี้ต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์ แต่จากการศึกษาโปรแกรม ToolBook II นี้พบว่ายังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับภาษาไทย เพราะการตัดคำอัตโนมัติยังไม่อาจใช้ได้ โดยผู้ใช้ต้องทำการจัดอักษร การเว้นวรรคคำเอง นอกจากนี้ ยังพบปัญหาข้อผิดพลาดที่ไม่ทราบสาเหตุ ในขณะทำงาน และ บันทึกลง ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน และส่งผลให้การเรียกใช้บทเรียนโปรแกรมในบางครั้งเกิดข้อผิดพลาด ซึ่งผู้ใช้จะต้องเปิดบทเรียนโปรแกรมฯ ขึ้นใหม่ ทำให้เกิดอุปสรรคในการเรียนบทเรียน โปรแกรมฯ

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 การวิจัยเรื่อง บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ คือ (1) สร้างบทเรียนโปรแกรมด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สำหรับครูชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง (2) ศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และ (3) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เมื่อเรียนจากครูที่ศึกษาบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น และนักเรียนที่เรียนกับครูที่ไม่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้น ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ บรรลุวัตถุประสงค์ทุกประการตามที่กล่าวมา

การวิจัยนี้กำหนดสมมติฐานว่า “ครูสอนด้วยวิธีการสอนตามบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเองด้านสิ่งแวดล้อม เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สามารถทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนกับครู ซึ่งใช้วิธีการสอนตามแบบเรียนเดิม ในวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 305)”

ในการวิจัย มีกลุ่มตัวอย่าง 2 ประเภทได้แก่ และกลุ่มครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ และกลุ่มตัวอย่างนักเรียน กลุ่มตัวอย่างครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์เลือกจากโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย และโรงเรียนเบญจมราชวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร จำนวน 10 คน และกลุ่มตัวอย่างนักเรียนเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสันติราษฎร์วิทยาลัย จำนวน 64 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง โดยมีเครื่องมือในการวิจัยได้แก่ บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และคู่มือการใช้บทเรียนโปรแกรมฯ เป็นเครื่องมือสำหรับครูกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ และประเมินบทเรียน โปรแกรมฯ ร่วมกับใช้แบบประเมินประสิทธิภาพโปรแกรม โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่าในการวิเคราะห์ผล ส่วนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.69 ใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม โดยใช้ค่าทางสถิติวิธี t-test ในการวิเคราะห์ผล

5.2.2 ผลการศึกษาพบว่า ความคิดเห็นของครูกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ มีความคิดเห็นว่า ในด้านเนื้อหาของบทเรียน การนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนในด้านตัวอักษร ภาพนิ่ง ความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้ และแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี ในส่วนของการนำเสนอด้านเสียงและภาพเคลื่อนไหว อยู่ในระดับปานกลาง แต่ควรเพิ่มแบบทดสอบแบบปรนัย และควรมีเกม เพื่อความบันเทิง เพื่อดึงดูดในการเรียนบทเรียน โปรแกรมฯ นี้ด้วย นอกจากนี้ครูมีความคิดเห็นว่า บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะเป็นบทเรียน โปรแกรมที่ดี สามารถเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และสามารถนำความรู้ไปใช้สอนนักเรียนต่อไป และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังจากเรียนกับครูที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ สูงกว่าคะแนนของนักเรียนหลังจากเรียนกับครูที่ไม่ได้ศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ ที่มีวิธีการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 แสดงว่านักเรียนที่เรียนกับครูที่ศึกษาบทเรียน โปรแกรมฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ข้างต้น ดังนั้น บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สามารถนำไปใช้กับครูที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อศึกษา และช่วยเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจในเรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และนำความรู้ไปใช้สอนนักเรียนต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน สำหรับนักเรียนได้ ซึ่งเป็นความคิดเห็นของครูกลุ่มตัวอย่าง แต่ควรใช้เนื้อหาในบางเรื่องเท่านั้น เช่น ในเรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ ยกเว้นในหัวข้อย่อย เรื่อง ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตภายในบรรยากาศโลก ซึ่งอยู่ในบทที่ 1 เรื่อง อากาศ และบรรยากาศ มีเนื้อหาที่กล่าวถึงวัฏจักรต่างๆ และใน บทที่ 4 เรื่อง แนวทางการแก้ไขปัญห และ การป้องกันจากมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะนั้น มีเนื้อหาเกี่ยวกับการปฏิบัติของผู้ใช้ยานพาหนะ และข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งเหมาะสำหรับครูผู้สอนมากกว่านักเรียนที่จะเรียนเอง

2. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมในการใช้ศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ นี้ ควรมีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่ต่ำกว่า Pentium 133 (แนะนำให้ใช้ Pentium 200 MMX MHZ ขึ้นไป) หน่วยความจำหลัก (RAM) ไม่ต่ำกว่า 32 MB หน่วยความจำสำรอง (Harddisk) มีความจุไม่ต่ำกว่า 1.2 GB จอมอนิเตอร์ VGA ความละเอียด 640 x 480 256 สี หรือ สูงกว่า การ์ดเสียง ลำโพง ซีดีรอมไดรฟ์ (CD-ROM Drive) เมาส์ (Mouse) และมีระบบปฏิบัติการ Windows 95 หรือ Windows 98 จากรายการที่กล่าวมา ผู้ใช้สามารถใช้บทเรียน โปรแกรมฯ ได้อย่างสะดวก

3. บทเรียน โปรแกรมฯ นี้ บันทึกลงในแผ่น CD ดังนั้น การเรียกใช้บทเรียน โปรแกรมฯ ในแต่ละครั้งอาจเกิดความล่าช้า เนื่องจากมีความสามารถจำกัดในอ่านข้อมูลจากแผ่น CD แล้วแสดงผลข้อมูล ดังนั้น ผู้ใช้ควรคัดลอก (Copy) ไฟล์ (file) หรือ ติดตั้งโปรแกรมลงในฮาร์ดดิสก์ ก่อนเรียกใช้บทเรียน โปรแกรม เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการแสดงผล

4. นอกจากนี้ บุคคลที่มีลักษณะทุพพลภาพ เช่น ตาบอด หรือ หูหนวก สามารถใช้บทเรียน โปรแกรมฯ นี้ได้ เช่น คนตาบอดสามารถเรียนบทเรียนนี้ได้ โดยฟังเสียงบรรยายเนื้อหาจากบทเรียน แต่อาจไม่สามารถดูรูปภาพ หรือควบคุมปุ่มต่างๆ ภายในบทเรียนได้ ซึ่งจะต้องมีคนช่วยควบคุมปุ่มต่างๆ ด้วย ส่วนคนหูหนวกสามารถเรียนบทเรียนได้เช่นกัน โดยอ่านเนื้อหา แล้วดูภาพประกอบ และสามารถควบคุมปุ่มต่างๆ ได้เอง

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำงานวิจัยต่อเนื่อง

1. ควรมีการจัดทำบทเรียน โปรแกรมฯ ในด้านที่เกี่ยวข้องสิ่งแวดล้อม และ ทรัพยากรธรรมชาติในเรื่องต่างๆ สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษจากการทำการ

เกษตร หรือ มลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเรื่องดังกล่าวยังไม่มีผู้ศึกษา ใดๆ ที่เป็น ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญเช่นเดียวกับปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

2. ควรมีการจัดทำบทเรียนโปรแกรมฯ ที่สามารถเรียนผ่านทางอินเทอร์เน็ต เผยแพร่แก่บุคคลที่สนใจได้อย่างกว้างขวาง ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านความรู้ ความเข้าใจด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เช่น บทเรียนโปรแกรมฯ เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถใช้โปรแกรม ToolBook II แปลงบทเรียน โปรแกรมฯ นี้ เป็นโฮมเพจได้ (Home Page) เพื่อเชื่อมโยงในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งในกรณีนี้ ผู้เรียนต้องมีความรู้ในโปรแกรม ToolBook II



รายการอ้างอิง

1. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2540-2559. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2542.
2. อารุง จันทวานิช. สิ่งแวดล้อม แนวทางพัฒนาหลักสูตรการศึกษาพื้นฐาน. ศูนย์การพัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2542.
3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีและชีวิต. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2541.
4. นาท ตันชาวิรุพห์ และพลทรัพย์ สมุทรสาคร. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการบริหารทรัพยากร. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช; 2528.
5. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. วิกฤตการณ์วิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพฯ: ดีไซน์; 2541.
6. วินัย วีระพัฒนานนท์. กระบวนการสิ่งแวดล้อมศึกษา. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2532.
7. อรพินท์ เอี่ยมศิริ. แนวทางการพัฒนาหลักสูตรสิ่งแวดล้อมศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาของประเทศไทย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2521.
8. วราพร ศรีสุพรรณ, บรรณาธิการ. สิ่งแวดล้อมศึกษา. มุลนิธิโลกสีเขียว. กรุงเทพฯ: โอเอสพรีนติ้งเฮาส์; 2539.
9. ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ และคณะ. เปิดโลกสิ่งแวดล้อม. สถาบันราชภัฏพระนคร. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2539.
10. สุวรรณ อรุโณทัยพิพัฒน์. การสร้าง และทดลองใช้ชุดการสอนสำหรับห้องเรียนแบบศูนย์การเรียนเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก วิชาวิทยาศาสตร์ (ว.102) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2542.
11. วิจิตร บุญยะโทตระ. ชีวิตและสิ่งแวดล้อม เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ธรรมสารการพิมพ์; 2538.
12. สุรัชย์ เพชรภูจันท์. พฤติกรรมของผู้ขับขีรถยนต์ส่วนบุคคลเกี่ยวกับการลดมลพิษทางอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2539.

13. สุกรานต์ โรจนไพรวงศ์, บรรณาธิการ. สถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย 2540-41. มุลินธิโลกสีเขียว. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป; 2542.
14. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและปี 2539-2540. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2543.
15. วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ และคณะ. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2538.
16. ชิกาโอะ คานาโอกะ และวิวัฒน์ ตัฒตะพานิชกุล. มลภาวะอากาศ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2535.
17. มุลินธิโลกสีเขียว. หนังสือชุด โลกสีเขียว อากาศ. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป; 2535.
18. ศิริกัลยา สุจิตตานนท์. การป้องกันและควบคุมมลพิษ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2541.
19. อุ่แก้ว ประกอบไวทยกิจ บีเวอร์. มนุษย์-ระบบนิเวศ และสภาพนิเวศในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช ; 2531.
20. มาลี บานชื่น. พลังงานและมลพิษ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพริ้ง; 2528.
21. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. มลพิษทางอากาศ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2542.
22. Robert M. Bether. Air Pollution Control Technology. New York: Van Nostrand Reinhold; 1978.
23. Arther C. Stern. The pollutants, Air Pollution. London: Academic Press; 1976.
24. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. นโยบายและมาตรการพัฒนาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ; 2522.
25. กรมอนามัย. มลพิษทางอากาศ. กรุงเทพฯ: องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก; 2535.
26. เกษม จันทร์แก้ว. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์; 2530.
27. มนัส พุทธคุณ. การสร้างและทดลองใช้ชุดการสอนมินิคอร์สเรื่องมลพิษทางอากาศและเสียงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2537.
28. อาคม จันทะโม. พฤติกรรมการป้องกันและส่งเสริมสุขภาพของประชาชนต่อปัญหามลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2535.

- 29.ปริศนา วสุรัตน์. การสร้างชุดการสอน เรื่อง มลพิษทางอากาศ วิชาการจรรยา สำหรับนักเรียน นายร้อยตำรวจชั้นปีที่ 3 [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2535.
- 30.ธราทิพย์ สุขลาทิพย์. ความรู้และพฤติกรรมของพยาบาลเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศ:ศึกษา เฉพาะโรงพยาบาลของรัฐในกรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2541.
- 31.กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2538.
- 32.ประจต กุลประสูตร. เครื่องยนต์เล็ก (แก๊สโซลีน ดีเซล และแก๊สเหลว). สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2533.
- 33.วรรณ อังควิเศษไพบูรณ์. การวิเคราะห์เนื้อหาสิ่งแวดล้อมศึกษาในหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2535.
- 34.มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงเรียน และชุมชนหน่วยที่ 8-15. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช; 2531.
- 35.ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. คู่มือพัฒนาการสอนสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2535.
- 36.ถนอมพร เลาหจรัสแสง. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2541.
37. กิดานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ: เอ็ดดิสันเพรสโปรดักส์; 2536.
- 38.ยีน ภู่วรรณ. การพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีมัลติมีเดีย. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2542.
- 39.ชัยรัตน์ นูมี. การพัฒนาและการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2542.
40. ทักษิณา สวานานนท์. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: องค์การคำครุสภา; 2530.

41. ชาตรี เกิดธรรม. การศึกษาผลการใช้ฐานข้อมูลการเรียนรู้แบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นต่อผลการเรียนวิชาชีววิทยา (ว.042) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2542.
42. สุกรี รอดโพธิ์ทอง. การใช้คอมพิวเตอร์ในโรงเรียน. สู่เส้นทางใหม่แห่งการศึกษา:คอมพิวเตอร์กับการศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2533.
43. พรพิไล เลิศวิชา. แนวทางการพัฒนามัลติมีเดียเพื่อการศึกษา. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ; 2542.
44. อนรรฆ การพิศิษฐ์. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง น้ำเสียและการวิเคราะห์ค่า BOD [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2542.
45. จุฑาวรรณ กะชา. การสร้างชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องหลักการพูดสำหรับวิทยากร [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2543.
46. ดวงใจ ศรีธวัชชัย. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2535.
47. ไตรรงค์ ปิมปา. การสร้าง และการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข เรื่องการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2537.
48. ลัดดา สุขปรีดี. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2523.
49. จีรภา อินถา. การผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2535.
50. Best W. John. Research in Education. New Delhi: Prentice Hall of India Private; 1983.
51. ยุวดี คาดการณ์ไกล, บรรณาธิการ. บทสรุปสำหรับผู้บริหาร สุขภาพ และสิ่งแวดล้อมกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. โครงการตำรา กรมอนามัย. นนทบุรี: ม.ป.ท.; 2542.

52. กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงปี 2541. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2543.
53. บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น; 2535.
54. สวัสดิปริยา ชรรมวัฒน์นิมล. ความรู้ ทักษะคิด และการปฏิบัติของผู้ประกอบอาชีพขับรถจักรยานยนต์รับจ้างเกี่ยวกับแนวทางการป้องกัน ควบคุม และแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศของรัฐบาลศึกษาระดับบริเวณตลาดสะพานใหม่ เขตบางเขน กรุงเทพฯ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2543.
55. สุภาวดี บุญโนทก. การเปรียบเทียบวิธีการสอนเนื้อหาสิ่งแวดล้อมศึกษาของครูมัธยมศึกษาตอนต้นกับวิธีสอนที่เหมาะสมตามความคิดของนักวิชาการ [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล; 2529.
56. American Chemical Society. Cleaning Our Environment the Chemical Basic for Action. Washington (DC): n.p.; 1969.
57. Arms, Karen. Environmental science. Philadelphia: Saunders College; 1990.
58. Bretschneider B. and Kurfurst J. Air pollution Control Technology. NewYork: Elsevier science Publishing; 1987.
59. ปรีชา สุวรรณพินิจ. ชีววิทยา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2528.
60. Nebel BJ. And Wright RT. Environmental Science: The Way the World Works. U.S.A.: Pretice Hall; 1996.
61. เกษม จันทร์แก้ว. เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2541.
62. Drew and Nakamura. UNEP Regional Seas Programme: Overview of Land-based Pollution Sources in South East Asia Part IV: Thailand. WHO/PEPAS. n.p.; 1980.
63. กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. มลพิษทางอากาศ. สำนักอนามัย กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2541.
64. สานิตย์ กายาผาด. การเขียนโปรแกรมมัลติมีเดียด้วย Multimedia ToolBook. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2542.
65. รวีวรรณ ชินะตระกูล. วิธีวิจัยการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์; 2535.
66. นงนุช ภัทรารดร. สถิติการศึกษา. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; 2531.

67. สวัสดิ์ ประทุมราช. แนวคิดเชิงทฤษฎี การวิจัย การวัดและประเมินผล. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.; ม.ป.ป.
68. ธวัชชัย งามสันติวงศ์. SPSS/PC+ SPSS FOR WINDOWS หลักการและวิธีใช้คอมพิวเตอร์ในงานสถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: 21 เซ็นจูรี่; 2540.



ภาคผนวก ก

แบบประเมินประสิทธิภาพการใช้งานโปรแกรม

บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง
สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม



เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

โดย

นางสาวเสนาวิภา แสนสุขทวีทรัพย์ นักศึกษาปริญญาโท
สาขาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

แบบประเมินประสิทธิภาพการใช้งานโปรแกรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งในการทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม
เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

Copyright by Mahidol University

**แบบประเมินประสิทธิภาพการใช้งานโปรแกรม
บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง สำหรับครูผู้สอนวิชาสิ่งแวดล้อม
เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ**

ตอนที่ 1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงของท่าน

1. ผู้ตอบแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้งาน โปรแกรมฯ สังกัด โรงเรียน _____
2. อายุผู้ตอบแบบประเมิน
 - ต่ำกว่า 20 ปี 20-29 ปี 30-39 ปี 40-49 ปี สูงกว่า 50 ปีขึ้นไป
3. วุฒิการศึกษา
 - ต่ำกว่าปริญญาตรี ปริญญาตรี หรือเทียบเท่า สูงกว่าปริญญาตรี หรือเทียบเท่า
4. ประสบการณ์ในการสอน
 - ต่ำกว่า 5 ปี 5-10 ปี สูงกว่า 10 ปีขึ้นไป
5. ได้รับการอบรมเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม หรือสิ่งแวดล้อมศึกษา
 - ไม่เคยรับการอบรม เคยรับการอบรมมาแล้ว
6. การใช้คอมพิวเตอร์
 - เคยใช้คอมพิวเตอร์ ไม่เคยใช้คอมพิวเตอร์มาก่อน

ตอนที่ 2. ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใ้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความเห็นของท่าน เพียงช่องเดียวในแต่ละข้อ

หัวข้อ	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. ด้านเนื้อหาของบทเรียน					
1.1 ปริมาณของเนื้อหาเหมาะสม					
1.2 ความครอบคลุมของเนื้อหา					
1.3 ความกระชับของเนื้อหา					
1.4 การแบ่งหัวข้อย่อยของเนื้อหา					
1.5 ความยากง่ายของเนื้อหา					
1.6 ความน่าสนใจของเนื้อหา					
1.7 ความชัดเจนของภาษาในการอธิบายเนื้อหา					
1.8 การนำเอาเนื้อหาความรู้ไปใช้ประโยชน์					

หัวข้อ	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
2. การนำเสนอเนื้อหาบทเรียน					
2.1 การนำเสนอในส่วนของตัวอักษร					
- ขนาดตัวอักษรมีขนาดเหมาะสม					
- สีของตัวอักษรและพื้นหลังมีความเหมาะสม					
- การใช้ตัวอักษรในการเชื่อมโยงไปสู่ส่วนต่างๆของบทเรียน					
2.2 การนำเสนอในส่วนของภาพนิ่ง					
- ความชัดเจนของภาพนิ่ง					
- ความสอดคล้องของภาพนิ่งกับเนื้อหา					
- สีของภาพนิ่ง					
- การสื่อความหมายของภาพนิ่ง					
- ปริมาณของภาพนิ่ง					
- การจัดตำแหน่งข้อมูลที่แสดงบนจอภาพ					
2.3 การนำเสนอในส่วนของเสียง					
- ความชัดเจนของเสียง					
- ความสอดคล้องของเสียงกับเนื้อหา					
- เสียงช่วยให้เกิดความน่าสนใจในบทเรียน					
- การสื่อความหมายของเสียง					
2.4 การนำเสนอในส่วนของภาพเคลื่อนไหว					
- ความชัดเจนของภาพและเสียง					
- ภาพเคลื่อนไหวทำให้บทเรียนมีความน่าสนใจ					
- ความยาวของภาพเคลื่อนไหว					
- จำนวนของภาพเคลื่อนไหว					
3. ความสามารถของโปรแกรมในการให้บริการแก่ผู้ใช้					
3.1 ความยากง่ายในการใช้งาน โปรแกรม					
3.2 รูปแบบของการนำเสนอของ โปรแกรม					
3.3 การโต้ตอบกับผู้ใช้					
4. แบบฝึกหัด					
4.1 แบบฝึกหัดสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน					
4.2 ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในคำถามและคำตอบ					
4.3 จำนวนคำถามในแบบฝึกหัด					

ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ



ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ
ผู้วิจัย

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชื่อ _____ เลขที่ _____ ห้อง _____

ข้อสอบระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

คำชี้แจง : ข้อสอบมีจำนวน 30 ข้อ (30 คะแนน) ใช้เวลา 25 นาที ให้นักเรียนอ่านคำถามต่อไปนี้แล้ว
เขียน X ทับตัวอักษรหน้าคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

- อัตราส่วนระหว่างก๊าซไนโตรเจน และออกซิเจนเป็นเท่าใด
 - 1 : 3
 - 2 : 3
 - 3 : 1
 - 4 : 1
- ข้อใด ไม่ใช่ ความสำคัญของบรรยากาศ
 - เป็นฉนวนป้องกันรังสีต่างๆ
 - เป็นแหล่งสะสมของก๊าซต่างๆ สำหรับสิ่งมีชีวิตในโลก
 - เป็นแหล่งปกป้องสิ่งมีชีวิตบนโลกจากสิ่งแวดล้อมภายนอก
 - เป็นแหล่งสะสมของก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์
- สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในชั้นบรรยากาศใด
 - มิโซสเฟียร์
 - เทอร์โมสเฟียร์
 - สตราโตสเฟียร์
 - โทรโปสเฟียร์

4. การสื่อสารแห่งประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากบรรยากาศในชั้นใดในการสื่อสาร
 - ก. เอกโซสเฟียร์
 - ข. โทรโปสเฟียร์
 - ค. โอโซโนสเฟียร์
 - ง. ไอโอโนสเฟียร์
5. โอโซนมีความสำคัญอย่างไรต่อสิ่งมีชีวิต
 - ก. เป็นแหล่งกักเก็บให้เกิดเมฆฝน
 - ข. เป็นแหล่งสะสมของก๊าซต่างๆ
 - ค. ช่วยกรองรังสี UV ต่างๆ ที่ส่องผ่านชั้นพื้นโลก
 - ง. เป็นที่แตกตัวให้ก๊าซออกซิเจน และจับกับสารซีเอฟซี
6. ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green house effect) เกี่ยวข้องกับก๊าซในข้อใดมากที่สุด
 - ก. ก๊าซโอโซน
 - ข. ก๊าซออกซิเจน
 - ค. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
 - ง. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
7. นักเรียนคิดว่า หากเกิดภูเขาไฟระเบิดที่อินโดนีเซียอย่างรุนแรงสามารถส่งผลกระทบต่อประเทศไทยได้หรือไม่
 - ก. ได้ เพราะฝุ่นละอองจะมากับเครื่องบินที่มาประเทศไทย
 - ข. ไม่ได้ เพราะกระแสลมจะพัดวนเวียนอยู่ในแต่ประเทศอินโดนีเซียเอง
 - ค. ได้ เพราะหากกระแสลมแรงๆ สามารถพัดพาเอาฝุ่นละออง และก๊าซพิษมาได้
 - ง. ไม่ได้ เพราะประเทศไทยมีที่กรองฝุ่นละออง และมีประเทศมาเลเซีย สิงคโปร์กั้นขวางฝุ่นละอองไว้
8. มลพิษทางอากาศ หมายถึงข้อใด
 - ก. อากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองและควันขาวมากกว่าปกติ
 - ข. อากาศที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าปกติจนทำให้สิ่งมีชีวิตขาดอากาศหายใจ
 - ค. อากาศที่มีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณสูงกว่าปกติ จนเป็นอันตรายแก่สิ่งมีชีวิต
 - ง. อากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ น้อยกว่าปกติ จนทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงอยู่ได้
9. สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลพิษในสิ่งแวดล้อมคือข้อใด
 - ก. ไร่ร้างแพร่ระบาด
 - ข. กิจกรรมของมนุษย์

15. ข้อใดเป็นผลจากการใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของสารตะกั่ว
 - ก. ระคายเคืองตา
 - ข. มีอาการวิงเวียนศีรษะ
 - ค. รู้สึกรู้สิด หายใจไม่ออก
 - ง. เป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์
16. ควินดำ และเขม่าเกิดจากรถยนต์ประเภทใดมากที่สุด
 - ก. รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล
 - ข. รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน
 - ค. รถยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ
 - ง. รถจักรยานยนต์ที่ใช้น้ำมันเครื่องผสมกับน้ำมันเบนซิน
17. การเพิ่มขึ้นของประชากรในเมืองทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้อย่างไร
 - ก. มีการตั้งแผงลอยมากขึ้น
 - ข. การเกิดชุมชนแออัด และแหล่งเสื่อมโทรม
 - ค. มีการใช้ยานพาหนะเพื่อการคมนาคมมากขึ้น
 - ง. มีการแก่งแย่งอากาศหายใจมากขึ้น และปล่อยอากาศเสียออกมา
18. ข้อใด ไม่ใช่ ผลกระทบของมลพิษทางอากาศ
 - ก. การเกิดไฟไหม้ป่า
 - ข. การเกิดปรากฏการณ์ Smog
 - ค. การเกิดช่องโหว่ของชั้น โอโซน
 - ง. การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก
19. ข้อใดเป็นสารมลพิษที่เกิดจากการปล่อยไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน
 - ก. NO, HC และ CO
 - ข. NO, SO₂ และ Pb
 - ค. NO₂, CO₂ และ SO₂
 - ง. CO, SO₂ และ ควันขาว
20. เมื่อนักเรียนได้รับสารมลพิษทางอากาศเข้าไปทีละเล็กทีละน้อยจะมีผลอย่างไร
 - ก. ประสิทธิภาพการทำงานลดลง
 - ข. การรับรู้ลดลง และเกิดอาการอ่อนเพลีย
 - ค. ทำให้เสียสุขภาพ ร่างกายอ่อนแอ และเจ็บป่วยง่าย
 - ง. เกิดการเปลี่ยนแปลงกับสารพันธุกรรมภายในร่างกาย

21. ข้อใด ไม่ใช่ อันตรายที่เกิดจากการได้รับรังสี UV
- โรคตาต่อกระจก
 - โรคมะเร็งผิวหนัง
 - ภูมิคุ้มกันต้านโรคต่ำ
 - โรคไวรัสตับอักเสบ
22. ถ้านักเรียนสังเกตเห็นควันทาที่เกิดขึ้นกับรถของผู้ปกครอง นักเรียนควรทำอย่างไรจึงจะเป็นผลดีที่สุด
- แจ้งตำรวจจับ
 - เฉยๆ ไม่ทำอะไรเลย
 - เข้าไปตรวจหาสาเหตุ
 - แจ้งผู้ปกครองให้ทราบ
23. รถยนต์มีอายุการใช้งานกี่ปี จึงจะต้องเข้ารับการตรวจสภาพรถ ก่อนต่ออายุทะเบียนรถยนต์ และเสียภาษีประจำปี
- 3 ปี
 - 5 ปี
 - 7 ปี
 - 10 ปี
24. ข้อใด ไม่ใช่ การปฏิบัติที่ถูกต้อง
- บวมเติมน้ำมัน ไร้สารตะกั่ว
 - บวมอกแม่ค้าถึงอันตรายของควันรถยนต์
 - บวมขับรถด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 110 กม./ชม.
 - บวมไปช่วยพ่อธรนรงค์ปลุกต้นไม้ตามสวนสาธารณะ
25. นักเรียนจะช่วยป้องกันการเกิดการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศและอุณหภูมิอย่างไร
- ปลุกต้นไม้
 - ใช้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ แทนผลิตภัณฑ์จากไม้
 - ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสารประกอบซีเอฟซี
 - ถูกทุกข้อ
26. นักเรียนคิดว่าการออกกฎหมายควบคุมการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลเหมาะสมหรือไม่
- ไม่เหมาะสม เพราะประชาชนจะไม่ได้ได้รับความสะดวก
 - ไม่เหมาะสม เพราะไม่ได้ควบคุมมลพิษที่เกิดจากรถยนต์โดยตรง

- ค. เหมาะสม เพราะเป็นการควบคุมปริมาณรถยนต์ แก้ไขปัญหาจราจร
- ง. เหมาะสม เพราะประชาชนส่วนใหญ่ใช้บริการรถประจำทาง จะไม่ทำให้ประชาชนเดือดร้อน
27. นักเรียนคิดว่าควรเพิ่มบทลงโทษทางกฎหมายในปัจจุบันแก่ผู้ที่เป็นเจ้าของยานพาหนะที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศนั้นสมควร หรือไม่อย่างไร
- ก. ไม่สมควร เพราะบทลงโทษในปัจจุบันรุนแรงอยู่แล้ว และเจ้าหน้าที่จราจรก็เข้มงวดต่อผู้ที่เป็นเจ้าของยานพาหนะที่ก่อให้เกิดมลพิษ
- ข. สมควร เพราะผู้ที่เป็นเจ้าของยานพาหนะละเลยในการดูแลรักษายานพาหนะให้ถูกต้องตามข้อกำหนดของกฎหมาย และเจ้าหน้าที่ของรัฐก็ได้เข้มงวดเท่าที่ควร
- ค. ไม่สมควร เพราะยานพาหนะในปัจจุบันใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยไม่ก่อให้เกิดสารมลพิษ และยานพาหนะก็ใช้น้ำมันไร้สารตะกั่ว ดังนั้นจึงไม่ควรเพิ่มบทลงโทษให้รุนแรง
- ง. สมควร เพราะบทลงโทษในปัจจุบันไม่รุนแรง ทำให้ผู้ที่เป็นเจ้าของยานพาหนะที่ก่อให้เกิดมลพิษ ละเลยในการดูแลรักษายานพาหนะให้ถูกต้องตามข้อกำหนดของกฎหมาย
28. ข้อใดต่อไปนี้เป็นปฏิบัติที่ **ไม่** ถูกต้อง
- ก. วีระเปลี่ยนน้ำมันเครื่องตามกำหนดเวลาในคู่มือ
- ข. วินัย หมั่นตรวจดูความเรียบร้อยของเครื่องยนต์
- ค. วัลภาจอดรถ และดับเครื่องยนต์ ขณะรอเพื่อนซื้ออาหาร
- ง. วิชัยรีบขับรถยนต์ไปรับเพื่อนด้วยความเร็ว 110 กม./ชม.
29. หากต้องการหาแหล่งที่เกิดมลพิษทางอากาศ นักเรียนคิดว่าควรทำการทดลองในข้อใด
- ก. นำบารอมิเตอร์มาติดที่กำแพงบ้าน
- ข. นำเทอร์โมมิเตอร์มาติดที่กำแพงบ้าน
- ค. นำกะละมังที่ใส่น้ำมันพืชอยู่เต็มกะละมังแล้วนำไปวางที่หน้าบ้าน
- ง. ทำการทาวาสลินลงบนแผ่นกระดาษขาว แล้วนำไปวางไว้ที่ริมรั้วบ้าน
30. หน่วยงานราชการใดที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษทางอากาศ
- ก. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และ องค์กร NGO
- ข. มูลนิธิโลกสีเขียว กรมควบคุมมลพิษ กรมขนส่งทางบก
- ค. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และกรมควบคุมมลพิษ
- ง. มูลนิธิสิ่งแวดล้อมโลก สำนักงานนโยบายและแผนฯ กรมชีวนามัย

ภาคผนวก ค**เนื้อหาในบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง
เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ**

บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง “มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ” เป็นบทเรียน โปรแกรมมัลติมีเดีย ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนบทเรียนได้โดยสะดวก ในบทเรียนนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

- 1.1 อากาศ และบรรยากาศ
- 1.2 ความหมายและแหล่งของการเกิดมลพิษทางอากาศ
- 1.3 ปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
- 1.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาและการป้องกันจากมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
- 1.5 แบบฝึกหัด

ส่วนที่ 2 แนวทางการพัฒนาทักษะต่างๆ ในการจัดการเรียนการสอน

- 2.1 แนวทางการจัดกระบวนการเรียนการสอน
- 2.2 การวางแผนในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
- 2.3 สื่อการเรียนการสอน
- 2.4 ตัวอย่างในการเขียนบทปฏิบัติการ

ส่วนที่ 3 วิธีการใช้โปรแกรม

- 3.1 การติดตั้งบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง
- 3.2 วิธีการใช้บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้งานบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง
เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

1. อุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้บทเรียนโปรแกรม

ในการศึกษาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ต้องใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ของระบบดังนี้


1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่ต่ำกว่า Pentium 133 (แนะนำให้ใช้ Pentium 200 MMX MHz ขึ้นไป)
2. หน่วยความจำหลัก (RAM) ไม่ต่ำกว่า 32 เมกะไบต์ (Megabyte; MB)
3. หน่วยความจำสำรอง (Harddisk) มีความจุไม่ต่ำกว่า 1.2 จิกะไบต์ (Gigabyte; GB)
4. จอมอนิเตอร์ VGA ความละเอียด 640 x 480 256 สี หรือ สูงกว่า
5. การ์ดเสียง ลำโพง
6. ซีดีรอมไดรฟ์ (CD-ROM Drive)
7. เมาส์ (Mouse)
8. ระบบปฏิบัติการ Windows 95 หรือ Windows 98

2. ขั้นตอนการติดตั้งบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

วิธีที่ 1

ใส่แผ่น CD บทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ใน CD-ROM Drive หลังจากนั้น โปรแกรมจะทำงานโดยอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นแผ่น Auto run ซึ่งแสดงบทเรียน โปรแกรมฯ ขึ้นมา

วิธีที่ 2

1. ใส่แผ่น CD บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ใน CD-ROM Drive
 2. ใช้เมาส์คลิกที่  เลือกรายการ Programs เลือกรายการ Windows Explorer หรือ ใช้เมาส์คลิกที่ My Computer
 3. เลือกการทำงานไปที่ CD-ROM Drive (Drive D:) โดยคลิกเมาส์สองครั้งติดกัน (Double Click) จะปรากฏรายชื่อไฟล์บทเรียน โปรแกรมเรียนรู้ด้วยตนเอง เลือกไฟล์ "Traffic.exe" โดยคลิกเมาส์สองครั้งติดกัน โปรแกรมจะเริ่มทำงานแสดงบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
3. ข้อเสนอแนะการใช้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ
1. ผู้เรียนสามารถใช้เมาส์เพียงอย่างใดในการเลือกเรียนบทเรียนโปรแกรมฯ
 2. การศึกษาบทเรียนโปรแกรมฯ สามารถเลือกศึกษาหัวข้อใดก็ได้ตามความต้องการ
 3. คลิกเมาส์บนปุ่มรายการตามหัวบนหน้าจอ

4. วิธีใช้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

1. เมื่อใส่แผ่น CD ใน CD-ROM Drive โปรแกรมจะทำงานโดยอัตโนมัติ ผู้ใช้จะเห็นหน้าจอไตเติ้ล เรื่อง “มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ” และมีเสียงบรรยายบทเรียน หากไม่ได้ยินเสียงให้ไปเปิดเสียงที่ลำโพงที่เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูป ง-1



รูปที่ ง-1. หน้าจอของการเข้าสู่บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

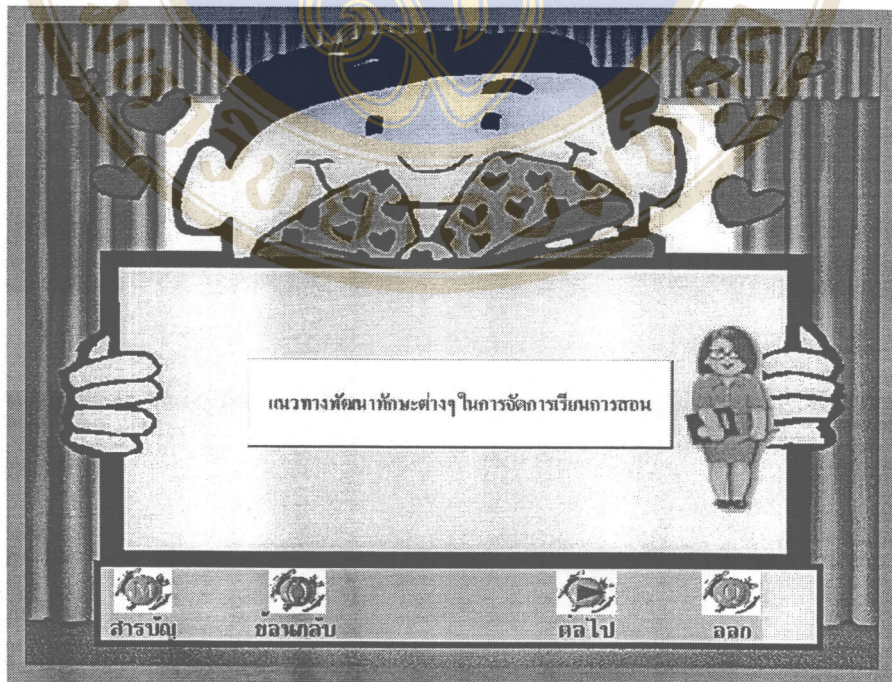
2. เมื่อโปรแกรมแสดงภาพเคลื่อนไหวจบ จะเข้าสู่บทเรียนในหน้าจอหลัก ซึ่งจะพบรายการ 3 รายการให้เลือก ได้แก่ มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ แนวทางการพัฒนาทักษะต่างๆ ในการจัดการเรียนการสอน และวิธีการใช้โปรแกรม ดังรูป ง-2 เลือกเรื่องที่ต้องการ โดยใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มชื่อเรื่อง

3. เมื่อผู้เรียนเลือกรายการที่ต้องการ เช่น เลือกเรื่อง “มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ” แล้วจะปรากฏหน้าจอของเรื่องที่เลือกพร้อมด้วยหัวเรื่องย่อยต่างๆ ที่ต้องการศึกษา ได้แก่ อากาศและบรรยากาศ ความหมายและแหล่งของการเกิดมลพิษทางอากาศ ปัญหามลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ แนวทางการแก้ไขปัญหาและการป้องกันจากมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ดังรูป ง-3

ในบทเรียนนี้จะมีเสียงบรรยายเนื้อเรื่อง และเสียงดนตรี เพื่อความบันเทิงของผู้เรียน



รูปที่ ง-2. หน้าจอรายการหลักของบทเรียน



รูปที่ ง-3. หน้าจอของแนวทางการพัฒนาทักษะต่างๆ ในการจัดการเรียนการสอน

4. ปุ่มที่ใช้ในบทเรียน



หมายถึง ปุ่มสารบัญ

สารบัญ



หมายถึง ปุ่มย้อนกลับไปดูหน้าเดิมที่เพิ่งผ่านมา

ย้อนกลับ



หมายถึง ปุ่มถอยกลับไปดูหน้าที่ผ่านมา

ก่อนหน้า



หมายถึง ปุ่มพลิกหน้าต่อไป

ต่อไป



หมายถึง ปุ่มออกจากบทเรียน

ออก

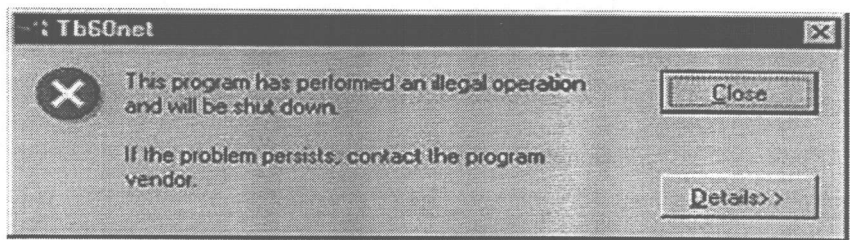


หมายถึง ปุ่มเปิดเสียงบรรยายบทเรียน



หมายถึง ปุ่มปิดเสียง

5. เมื่อออกจากโปรแกรมจะมีข้อความปรากฏให้เห็น ดังรูปที่ ง-4 ไม่ต้องตกใจให้คลิกปุ่ม “Close” เนื่องจากโปรแกรมที่ผู้วิจัยใช้สร้างบทเรียนมีไม่สมบูรณ์ แต่ไม่เป็นปัญหาในการทำงาน



รูปที่ ง-4. ข้อความเตือนหลังจากออกจากบทเรียนโปรแกรมฯ

เมื่อผู้เรียนทำตามคำแนะนำข้างต้นนี้แล้ว จะสามารถใช้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง มลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ นี้ได้อย่างง่าย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวแสนวิภา แสนสุขทวีทรัพย์
วัน เดือน ปี เกิด	20 พฤษภาคม 2517
สถานที่เกิด	จังหวัดนนทบุรี
ประวัติการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, พ.ศ. 2535-2539 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2541-2544 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)
ทุน	ทุนการศึกษามูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสารรุ่นที่ 12

Executive Summary

Introduction

The development of Science and Technology was a crucial part in of development of Thailand, and was mainly imported from abroad. In order to accelerate the development in this part to reach an international standard, the Government needs to focus on the Science pedagogy, especially, for young people. The Science pedagogy related to the real life is Environmental Science. Environmental Science provides a knowledge on cause, effects and proper control measures.

The topic on the Environment was mainly included into subjects of Science and Society in the lower secondary school. But the content was not enough, to achieve target of the environmental science education. The management of environment education needs a variety of teaching methods so as to bring a holistic view of the environmental system to students. This duty was a teacher's responsibility. The main target of the environment study was the lower secondary students. Because most of them left school for earning when they finished this level.

Present circumstance of education system indicated that, there were a few teachers, especially teachers who teach science and environment subject. Then to include science and environment to into several subjects might fail. Beside, most of teachers had not enough skill and experience on process leaning of science and environment. One way to solve this problem is to develop knowledge of teacher for better understanding on science and environment, especially environmental problem.

At present, air pollution was a big environmental problem in an urban area such as Bangkok. A major source of air pollution in an urban area was traffic emission. Air pollution cause adverse effects on human and animal health, the growth of vegetation, property of materials. Thus, traffic air pollution was chasm to be the topic of self learning computer program in this research.

Objectives

1. To create a self learning computer program on environment titled “Traffic Air Pollution” for teachers who teach environment in lower secondary school.
2. To evaluate the efficiency of the self learning computer program for teacher, who teach environment in lower secondary school.
3. To compare knowledge achievement resulting from the students of experimental group who was instructed by a teacher who studied a self learning computer program and the students of control group studying with teacher, who did not learn a self learning computer program. This teacher taught the control group with the normal method.

Hypothesis of this research

A teacher who teaches students with method in the self learning computer program on environment titled “Traffic Air Pollution” can encourage students to get better knowledge achievement than students studying with a teacher, who did not learn the self learning computer program. This teacher taught these students with the normal method in Science (SC 305).

Scope of work

This research was an experiment, which create a self learning computer program on environment titled “Traffic Air Pollution” for environmental teachers in MS. 3. Because this level had curriculum about traffic air pollution in Science (SC 305). The experiment was done at Santiradvittayalai School in Bangkok.

Material and Methods

There were two sample groups; the group of teachers teaching Science, and the group of MS.3 students studying Science (SC 305). Ten teachers were selected from Santiradvittayalai School and Benjamarachalai School in Bangkok. One of them was selected to be a teacher who taught student groups. After they had studied a self learning computer program, they evaluated

the efficiency of the program under a rating scale. The mean of rating scale was used to determine the efficiency. 64 students were selected from Santiradvittayalai School in Bangkok. The samples were divided into two groups; an experimental group and a control group. The experimental group was instructed by a teacher who studied the self learning computer program. The control group studied with a teacher, who did not learn the self learning computer program. This teacher taught the control group with the normal method under the topic "Atmosphere" in the science studies book (SC 305) after the 1978 secondary level curriculum (revised in 1990). These two groups were tested their knowledge before and after treatment by an exam which a reliability was 0.69. After that, using t-test statistic compared the student pre-post tests achievements.

There were four materials in this research. (1) A self learning computer program on environment titled "Traffic Air Pollution" was created by ToolBook II as a material for teacher group, (2) a manual book for learning program, (3) a form for evaluating the efficiency of the program and (4) an exam paper for testing student's knowledge before and after treatment, which a reliability was 0.69.

Result

The assessment of efficiency of the self learning computer program showed that the text, the alphabet 's presentation, the solid picture and the ability of program on servicing the user were rated between good and excellent. While the sound, the moving picture and the practice were rated between medium and good. The scores of the experimental group were higher than the control group with a statistical significance at the level of 0.01, which gives agreement to the assumption.

Discussion

The results showed that the text, the alphabet 's presentation, the solid picture and the ability of program on servicing the user were rated between good and excellent. While the sound, the moving picture and the practice were rated between medium and good for teacher. The result gave an agreement with the researches of Chatree Kerdtam, Duangjai Srithawatchai and Trironk Pimpa. They stated that the "Program learning provided individual study for student, helped



student to learned a bit by bit according to their capabilities, and did not need to worry about another person. Because of program learning could immediately response, colorful, moving picture and music to be exited for student.” The comparison of knowledge achievement between the students sample groups showed that the knowledge achievement of the experimental group was higher than the control group. The result gave an agreement with the research of Chairat Bume, and Anak Karnpisit. Their research showed that post tests achievements of students using the self learning computer program had scores higher than pre studying. Then the self learning computer program can use to study and reinforce knowledge to student.

Recommendation

1. Future recommendation for the use of the program.

1.1 The self learning computer program titled “Traffic Air Pollution” can be used as a media to courseware for student, except chapter 1 “Air and Atmosphere” and chapter 4 “The way to solving problem and prevent from traffic air pollution”. Because these chapter were too complicated for students.

1.2 The specification for a usage of the program is CPU over Pentium 133, RAM over 32 MB, Harddisk over 1.2 GB, Monitor VGA 640 x 480 x 256 color or over Sound card, speaker, CD-ROM Drive, Mouse and Windows 95/98.

1.3 The user should copy file or install program to Harddisk before using this program.

1.4 Crippled person as blind or deaf person can also use a self learning computer program. For example, blind person can listen from this program but they can not control all buttons however, blind person needs assistant to help them to control the program. Deaf person can use this program such as read content of this program, see some pictures and can control all buttons.

2. Future recommendation for study

2.1 Other program about environments and nature for teacher who teach environmental subject such as Agriculture pollution or Industrial pollution should be studied as well. Because these pollution have not been created to self learning computer program. Although they are the important environmental pollution as traffic air pollution does.

2.2 The self learning computer program should introduce to public via an internet.