

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
เรื่อง “ปรากฏการณ์เรือนกระจก”
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ปริญญานิพนธ์

ของ

ชูเกียรติ ชีระนิตกุล

26 ก.พ. 2544

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

ตุลาคม 2543

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

-h 117893

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปฏิญานพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอก
วิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.มนัส บุญประกอบ)

.....กรรมการ
(อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.สุนันทา มั่นสมงคล)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปฏิญานพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 5 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2543

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ด้วยความกรุณาจากคณะอาจารย์ ที่มีบุญคุณหลายท่าน โดยมี ดร.มนัส บุญประกอบ เป็นประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา เป็นกรรมการที่ปรึกษานิพนธ์ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คณะผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย ขอขอบคุณโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี และโรงเรียนหอวัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองครั้งนี้ ตลอดจนคณาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือและดูแลเรื่องราวต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุคคลในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ได้ให้กำลังใจ ให้การส่งเสริมสนับสนุน ทั้งในด้านการเรียนและการทำปริญญานิพนธ์เสมอมา

ขอขอบคุณรุ่นพี่นิสิตปริญญาเอกและนิสิตปริญญาโทเอกวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน และน้องๆ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ทุกท่านที่ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในยามท้อแท้ ขอขอบคุณนักเรียนโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรีและโรงเรียนหอวังทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่พึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา – มารดา, ครู – อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชูเกียรติ วีระนิติกุล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	คำนิยามศัพท์เฉพาะ	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก	9
	รายละเอียดเกี่ยวกับรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	9
	เอกสารที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก	10
	ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร	10
	ชั้นของบรรยากาศ	11
	การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก	13
	ก๊าซเรือนกระจก	16
	การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ	23
	ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก	29
	การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	39
	งานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก	40
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	42
	ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	42
	คุณลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	43
	รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	45
	คอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม	49
	อุปกรณ์สำหรับคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม	50
	คอมพิวเตอร์ระบบอเนกประสงค์	52
	การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	53
	งานวิจัยที่เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	58
	สมมติฐานการวิจัย	61

บทที่		หน้า
3	วิธีการดำเนินการวิจัย	62
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	62
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	63
	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา	64
	วิธีดำเนินการวิจัย	68
	ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	70
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	74
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	78
	ผลการทดลองเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบ	
	สื่อประสม	78
	ผลการทดลองชั้น 1 ต่อ 1	78
	ผลการทดลองชั้น 1 ต่อ 10	78
	ผลการทดลองชั้นการหาประสิทธิภาพบทเรียน	79
	ผลการทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	80
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	82
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	82
	สมมติฐานการวิจัย	82
	วิธีดำเนินการวิจัย	82
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	83
	การวิเคราะห์ข้อมูล	83
	สรุปผลการวิจัย	83
	อภิปรายผลการวิจัย	84
	ข้อเสนอแนะ	86
	บรรณานุกรม	89
	ภาคผนวก	95
	ภาคผนวก ก	96
	ภาคผนวก ข	104

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ค	123
ภาคผนวก ง	141
ภาคผนวก จ	147
ประวัติผู้วิจัย	162

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่อมนุษย์	17
2 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปี ค.ศ.1986 และประมาณการ ปี ค.ศ. 2030	18
3 ประมาณการแหล่งกำเนิด (Sources) และใช้ (Sink) ในไตรสอออกไซด์	20
4 ชนิดของสารต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโอโซน	22
5 ก๊าซที่มีผลต่อระดับของก๊าซโอโซน	23
6 เปรียบเทียบชนิดศัตรูพืชในเขตอบอุ่น และเขตร้อน	34
7 ปริมาณการใช้น้ำต่อหัวประชากรเปรียบเทียบปี ค.ศ.1990 และ ปี ค.ศ. 2025	36
8 แบบแผนการวิจัย	68
9 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์ เรือนกระจก	79
10 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	80
11 การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	105
12 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร	124
13 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 2 ชั้นของบรรยากาศ	125
14 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก	126
15 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 4 ก๊าซเรือนกระจก	127
16 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 5 การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ	128
17 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 6 ผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก	129
18 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 7 การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	130

19	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร	131
20	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 2 ชั้นของบรรยากาศ	132
21	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก	133
22	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 4 ก๊าซเรือนกระจก	134
23	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 5 การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ	135
24	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 6 ผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก	136
25	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 7 การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	137
26	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม รวม 7 หน่วยเรียน	138
27	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ในการ ทดลองชั้น 1 ต่อ 1	139
28	ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ในการ ทดลองชั้น 1 ต่อ 10	140
29	การหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก	142
30	ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ของกลุ่มทดลอง การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนเรื่องปรากฏการณ์ เรือนกระจก	143
31	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียน ของกลุ่มทดลอง ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียน	144
32	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียน ของกลุ่มทดลอง ในการทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	145
33	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียน ของกลุ่มควบคุม ในการทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	146

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	ระบบการการแผ่รังสีของโลก ดวงอาทิตย์ และอวกาศ	13
2	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	14
3	สมดุลของพลังงานจากดวงอาทิตย์บนโลก	15
4	ปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่ความสูงต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณ และค่าที่ได้จากการสังเกต	25
5	แผนผังการดำเนินการศึกษาและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก	71
6	การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน	72

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันเราไม่อาจปฏิเสธได้เลยว่า สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของโลกกำลังเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว ปัญหามลพิษทางอากาศ (Air Pollution) ก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของประชากรโลก ซึ่งเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว กิจกรรมของมนุษย์เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ต้องใช้ทรัพยากรต่างๆ เป็นวัตถุดิบ ทั้งแร่ธาตุ พลังงาน ที่ดิน ป่าไม้ ฯลฯ ในขณะที่เดียวกันก็ก่อให้เกิดฝุ่น ควัน และก๊าซพิษต่างๆ ที่เป็นอันตรายออกมาด้วย โดยเฉพาะก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) เกิดจากการสะสมตัวของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซมีเทน สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน หรือ สารซีเอฟซี (CFC) ไอโอไน และโอโซน เป็นต้น ก๊าซเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ยกเว้นสารซีเอฟซีที่เกิดจากการคิดค้นของมนุษย์ ซึ่งก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้จะยอมให้รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามายังโลกได้ แต่จะกั้นรังสีความร้อนจากโลกไม่ให้ออกสู่อวกาศ จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้เกิดการละลาย ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วมในประเทศที่เป็นเกาะและประเทศที่มีชายฝั่งทะเลต่ำ ซึ่งประเทศไทยของเราก็เข้าข่ายในข้อนี้ด้วย นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดพายุไซโคลนเพิ่มขึ้นแม้ในบริเวณที่ไม่เคยเกิด ฤดูมรสุมจะเปลี่ยนไปส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการประมง และทำให้การพยากรณ์อากาศผิดพลาด สิ่งมีชีวิตในป่าชายเลนและในทะเลจะมีอัตราการเกิดและการเจริญเติบโตไม่สมดุลเหมือนแต่ก่อน พืชพันธุ์ธัญญาหารที่ผลิตได้จะลดน้อยลง จะเกิดสภาวะแห้งแล้ง ทำให้พื้นดินแปรสภาพเป็นทะเลทรายมากขึ้น อีกทั้งรังสีต่างๆ ยังมีผลต่อเซลล์ผิวหนังทำให้เกิดโรคมะเร็งผิวหนังในอัตราที่สูงขึ้น และมีผลต่อสายตาก็จะทำให้ตาบอดได้ (สมยศ รุ่งโรจน์วิทย์. 2538 : 53)

ในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้นจะต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่าย การให้การศึกษาก็คือเป็นกระบวนการสำคัญอย่างหนึ่งในการที่จะแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมดังกล่าว สำหรับในประเทศไทยรัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม ดังที่กระทรวงศึกษาธิการได้มอบหมายให้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จัดทำคู่มือครูและหนังสือแบบเรียนรายวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533) ซึ่งมีเนื้อหาเรื่อง อากาศ : คุณภาพอากาศ ปัญหาและการจัดการรวมอยู่ด้วย โดยเนื้อหาส่วนหนึ่งได้กล่าวถึง ปรากฏการณ์เรือนกระจก (กระทรวงศึกษาธิการ. 2540 : คำนำ) โดยเนื้อหาส่วนของปรากฏการณ์เรือนกระจกที่บรรจุไว้ในชุดการเรียนการสอนดังกล่าวนี้ไม่มีรายละเอียดไม่มากพอ อีกทั้งเนื้อหาในเรื่องนี้มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรมและเนื้อหาบางส่วนยังไม่

สามารถจัดให้ผู้เรียนได้สัมผัสหรือเห็นได้จริงตามธรรมชาติได้เหมือนเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ จึงทำให้ยากต่อการเข้าใจ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่อธิบายเชิงเปรียบเทียบแบบจำลองของเรือนกระจกที่ใช้ในการเกษตรกับลักษณะบรรยากาศโลก การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์และโลก ขณะที่การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสิ่งแวดล้อมนั้นควรจัดให้มีความหลากหลาย ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2541 : 10)

กระทรวงศึกษาธิการได้ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้สื่อการเรียนการสอนทั้งในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาอย่างแพร่หลาย รวมทั้งส่งเสริมการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนอย่างหลากหลายเพื่อช่วยให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จตามหลักสูตรที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ การคิดและการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การเกิดกระบวนการต่าง ๆ ตามที่ หลักสูตรต้องการ (สม ชัยสรรค์. 2533 : 7) นอกจากนี้ ภพ เลหาไพบูลย์ (2537 : 198) ได้กล่าวว่า การเลือกสื่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ผู้สอนควรที่จะพิจารณาเลือกสื่อที่มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่าที่จะหาได้ โดยพิจารณาว่าสื่อนั้นๆ สามารถถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้ชัดเจน และใช้เวลาสั้นมากน้อยเพียงใด

การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ไปช่วยในการเรียนการสอน (Computer Assisted Instruction หรือ CAI) เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่ครูอาจนำเอาเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีโปรแกรมช่วยสร้าง (Authoring System) ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้สร้างบทเรียนที่มีลักษณะเป็นเทคโนโลยีสื่อประสม ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 (Multisensory) ในการเรียนรู้และทำให้กรอบเนื้อหาบทเรียนมีชีวิตชีวาด้วยกราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง ตัวอักษรแบบต่างๆ และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียน (บุปผชาติ ทัพทิกธน์. 2536 : 92-93) นอกจากนี้ ครรชิต มัลลียงศ์ (2531 : 51) กล่าวถึงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า มีรูปแบบคล้ายกับบทเรียนแบบโปรแกรม แต่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพดีกว่าบทเรียนแบบโปรแกรมหลายประการ เช่น ความสามารถในการจัดเก็บเนื้อหา ความเร็วในการนำเสนอเนื้อหา การซ่อนและการค้นหาคำตอบ การเสริมแรงและการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยใช้บทเรียนในรูปแบบสื่อประสม เป็นต้น นอกจากนี้หากผู้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถสร้างบทเรียนให้สามารถวิเคราะห์คำตอบ และสามารถเชื่อมต่อบทเรียนเข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อสืบค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงอื่นเพิ่มเติมได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็จะเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลคือ ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้วิชาต่าง ๆ ได้เร็วหรือช้าแตกต่างกันตามความสามารถของตนเอง ผู้เรียนที่มีสติปัญญาสูงจะสามารถเรียนรู้ก้าวหน้าได้เร็วกว่าผู้เรียนที่มีสติปัญญาด้อยกว่า โดยใช้เวลาในการเรียนน้อยลง หรือผู้เรียนที่มีสติปัญญาด้อยกว่าจะสามารถใช้เวลาในการเรียนรู้มากพอที่จะทำความเข้าใจบทเรียน (ครรชิต มัลลียงศ์. 2531 : 14) และช่วยลดเวลาในการสอนของครูลงทำให้ครูสามารถนำเวลาไปใช้ในการพัฒนาความรู้ ปรับปรุงการสอนและพัฒนาการศึกษาได้มากขึ้น มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นจำนวนมากจนเป็นที่ยอมรับกันในวงการศึกษาว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณค่าต่อการเรียนรู้ในหลายด้าน ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้ (ชนิษฐา ขานนท์. 2532 : 9)

1. ผู้เรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น หรืออย่างน้อยก็เทียบเท่ากับการเรียนตามปกติ
2. การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะช่วยลดเวลาในการเรียนลง เมื่อเทียบกับการสอนปกติ อีกทั้งผู้เรียนมักมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชานั้น ๆ และสนใจการเรียนมากขึ้น
3. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการทบทวนบทเรียน (Tutorial) ของนักเรียนได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะนักเรียนที่ขาดเรียน และประเมินผลความก้าวหน้าของนักเรียนได้โดยอัตโนมัติ

จากคำกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณค่าต่อการเรียนการสอน และสามารถนำมาพัฒนาเป็นสื่อการสอนในรายวิชาต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดได้นั้น จำเป็นจะต้องอาศัยขีดความสามารถของอุปกรณ์ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ (Hardware) และความสามารถในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมบทเรียน (Software) ที่จะสนองตอบความต้องการผู้สอน และตรงตามเนื้อหา จุดประสงค์ และหลักสูตร มากที่สุด

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ในรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เนื่องจากรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว 411 ของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) เป็นรายวิชาใหม่ที่เริ่มนำมาใช้ในปีการศึกษา 2540 (คำสั่งกระทรวงศึกษาธิการที่ วก 872/2539 ลงวันที่ 12 กันยายน พ.ศ.2539) นอกจากนี้เนื้อหา เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ผู้วิจัยนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมครั้งนี้ มีรายละเอียดของเนื้อหาที่บรรจุอยู่ในหนังสือแบบเรียนและคู่มือครูวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว 411 น้อยมาก เนื้อหาบางส่วนมีลักษณะเป็นนามธรรมผู้เรียนต้องใช้จินตนาการสูงเพื่อทำความเข้าใจ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกเพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหา ซึ่งเดิมเป็นเนื้อหาหนึ่งในเรื่อง อากาศ:คุณภาพอากาศ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2540:128-132;2541:คำนำ) ให้มีเนื้อหาและรายละเอียดเพิ่มมากขึ้น ในการศึกษาและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมออเธอร์แวร์ โปรเฟสชันแนล เวอร์ชัน 4.0 (Authorware Professional Version 4.0) ซึ่งมีความเหมาะสมกับการนำเสนองานในรูปแบบสื่อประสม สามารถสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยไม่ต้องใช้ภาษา Scripts หรือภาษาสำหรับเขียน เป็นเครื่องมือเชิงวัตถุ (Object-Oriented) ซึ่งทำการกับทุกสิ่งทุกอย่างเป็นโมดูล (Module) สามารถนำไอคอนทั้งหลายมาปรับปรุงและนำกลับมาใช้ได้อีก ช่วยให้ประหยัดเวลาและง่ายต่อการใช้งาน (สุธีร์ กิจฉวี และอรนุช อุทานนท์. 2541: คำนำ) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูประบบออเธอร์ริง (Authoring System) ที่สามารถใช้งานได้ง่าย และเอื้อต่อการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยมุ่งหวังว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาของบทเรียนได้ง่ายขึ้น และผู้วิจัยหวังว่า การวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมรายวิชาต่าง ๆ ต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่พัฒนาขึ้นตามเกณฑ์ที่กำหนด
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการศึกษาวิจัยและพัฒนาครั้งนี้จะมีประโยชน์ดังนี้

1. ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว 411 และรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง
2. ได้แนวทางการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมรายวิชาวิทยาศาสตร์ และรายวิชาอื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

1. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยทำการวิเคราะห์หลักสูตรและศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกเพื่อสร้างเนื้อหา นำเนื้อหามาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม โดยใช้โปรแกรมออร์แวร์ โปรเฟสชันแนล เวอร์ชัน 4.0

2. การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ใช้หลักการวิจัยและพัฒนาซึ่งดัดแปลงรูปแบบมาจากบอร์กและกอล (Borg and Gall, 1979 : 771-798) โดยในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่พัฒนาขึ้นกำหนดให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ซึ่งแบ่งการทดลองได้ดังนี้

2.1 การทดลองขั้นที่ 1 ต่อ 1 เป็นการทดลองนำบทเรียนที่สร้างขึ้นไปทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่องด้านต่าง ๆ กับกลุ่มย่อยจำนวน 3 คน แบ่งเป็น สูง/ปานกลาง/อ่อน เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของเครื่องมือและนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.2 การทดลองขั้นที่ 1 ต่อ 10 เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและทดสอบเครื่องมือกับกลุ่มย่อยจำนวน 9 คน แบ่งเป็น สูง/ปานกลาง/อ่อน แลนำผลการทดลองมาปรับปรุงแก้ไข

2.3 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

2.4 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

ประชากร ประชากรที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี โปรแกรมการเรียนคณิต-อังกฤษ และอังกฤษ-ฝรั่งเศส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 9 ห้องเรียน รวมประชากรจำนวน 477 คน

กลุ่มตัวอย่าง

การทดลองชั้น 1 ต่อ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จากประชากรดังกล่าวข้างต้น จำนวน 3 คน แบ่งตามระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่างคือ สูง ปานกลาง และอ่อน เป็น 1 : 1 : 1

การทดลองชั้น 1 ต่อ 10 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จากประชากรดังกล่าวข้างต้น จำนวน 9 คน แบ่งตามระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่างคือ สูง ปานกลาง และอ่อน เป็น 3 : 3 : 3

การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากประชากรดังกล่าวข้างต้น โดยการจับฉลากจนได้กลุ่มทดลองจำนวน 25 คน เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

ประชากร ประชากรที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหอวัง โปรแกรมการเรียนคณิต-อังกฤษ อังกฤษ-ฝรั่งเศส และอังกฤษ-เยอรมัน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 9 ห้องเรียน รวมประชากรจำนวน 420 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากประชากรดังกล่าวข้างต้น โดยการจับฉลากแบ่งเป็น กลุ่มทดลองจำนวน 25 คน เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม และกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน ไม่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสื่อประสม

ข้อจำกัดของกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอุปกรณ์สื่อประสมเพื่อนำเสนอโปรแกรมบทเรียน ดังนั้นโรงเรียนที่ใช้สำหรับทำการทดลองจึงจำเป็นต้องมี

จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์มากพอ และมีอุปกรณ์ที่รองรับสื่อประสมตามข้อกำหนดที่ต้องการซึ่งจะช่วยให้สามารถดำเนินการทดลองได้ตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย

4. เนื้อหา

เนื้อหาเรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก แยกเป็นหน่วยเรียนได้ดังนี้

- 4.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร
- 4.2 ชั้นของบรรยากาศ
- 4.3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก
- 4.4 ก๊าซเรือนกระจก
- 4.5 การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ
- 4.6 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก
- 4.7 การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

5. รูปแบบของการวิจัย และพัฒนา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development หรือ R&D) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยปรับปรุงมาจากรูปแบบการวิจัยและพัฒนาของ บอร์กและกอล (Borg and Gall, 1979 : 771-798)

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หมายถึง การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยใช้โปรแกรมมอเธอร์แวร์ โปรแกรมพสชั่นแนล เวอร์ชัน 4.0 เป็นเครื่องมือในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม และใช้รูปแบบของการวิจัยและพัฒนาที่ดัดแปลงมาจากแนวคิดของบอร์กและกอล (Borg and Gall, 1979 : 771-798)

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หมายถึง บทเรียนที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นสื่อ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมการทำงานและนำเสนอโปรแกรมบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสมที่สร้างและพัฒนาขึ้นประกอบด้วย ภาพกราฟิก ภาพวิดิทัศน์ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียงและตัวอักษรแบบต่างๆ รวมทั้งอักขระภาษาไทย

3. เนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก หมายถึง เนื้อหาที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าหลักสูตรและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก และได้เพิ่มเติมรายละเอียดเพื่อใช้สร้างเป็นเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก สำหรับใช้เป็นบทเรียนเสริม หรืออาจนำไปสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว 411 ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งแบ่งเป็นหน่วยเรียนดังนี้

3.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร

3.2 ชั้นของบรรยากาศ

3.3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก

3.4 ก๊าซเรือนกระจก

3.5 การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ

3.6 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

3.7 การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการประเมินค่า ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้วัดได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หมายถึง ผลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน รวมทุกหน่วยเรียนคิดเป็นร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนคิดเป็นร้อยละ 80

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ครั้ง
นี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าเอกสาร และรายงานการวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องดังนี้คือ

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

รายละเอียดเกี่ยวกับรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว411

เอกสารที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

1.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร

1.2 ชั้นของบรรยากาศ

1.3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก

1.4 ก๊าซเรือนกระจก

1.5 การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ

1.6 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

1.7 การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

งานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.2 คุณลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.4 คอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม

2.5 อุปกรณ์สำหรับคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม

2.6 คอมพิวเตอร์ระบบอเพอเรติง

2.7 การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

รายละเอียดเกี่ยวกับรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เป็นรายวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเราและสิ่งไม่มีชีวิตที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น และศึกษาความสัมพันธ์ของสรรพสิ่งเหล่านั้น นอกจากนี้แล้วสิ่งแวดล้อมยังรวมถึงศิลปวัฒนธรรมและวิถีชีวิตของมนุษย์ด้วย การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมมีจุดเน้นที่ต้องการให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมหลากหลายด้วยตนเองและร่วมกับเพื่อนๆ ทั้งในกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่ ได้แก่ การทำกิจกรรมภาคสนามสัมผัสระบบนิเวศในธรรมชาติ การศึกษาวิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ร่วมกันคิดวิธีการป้องกันและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้น และร่วมกันเฝ้าดูแลสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ในการทำกิจกรรมดังกล่าวผู้เรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ได้ฝึกทักษะในการใช้ความคิดขั้นสูง ทักษะการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ การทำกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันในกลุ่ม จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ผลของความรู้ความเข้าใจดังกล่าวจะทำให้เกิดความตระหนัก และเกิดจิตสำนึก คุณธรรม และจริยธรรมในการดำเนินชีวิตในฐานะที่มนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งแวดล้อม(กระทรวงศึกษาธิการ. 2540: 1)

จุดประสงค์ของหลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

รายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาในด้านต่อไปนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2540: 4)

1. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์กันทั้งระบบ และ รวมทั้งความสัมพันธ์กันระหว่างวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมกับเศรษฐกิจและสังคม
2. สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดวิเคราะห์รวบรวมข้อมูลและการศึกษาค้นคว้าวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
3. นำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ตลอดจนมีความสามารถในการตัดสินใจ ลงมือปฏิบัติเกี่ยวกับการรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมในบ้าน โรงเรียนและชุมชนในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ
4. สร้างความตระหนักในความสำคัญของสิ่งแวดล้อม มีส่วนร่วมต่อการพัฒนาและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

คำอธิบายรายวิชา (1.5 หน่วยการเรียนรู้ / 3 คาบ / สัปดาห์ / ภาค)

ศึกษาค้นคว้า สำรวจ ทดลอง อภิปราย แสดงและเสนอความคิดในรูปแบบหลากหลาย วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบต่อระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ ประชากรมนุษย์และการพัฒนาที่ยั่งยืน เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจในความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมทั้งระบบ สามารถแก้ปัญหา วาง

แผนเสนอแนวทางเพื่อแก้ปัญหาและจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนความตระหนัก มีจิตสำนึกที่จะมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน(กระทรวงศึกษาธิการ. 2540: 5)

ขอบข่ายเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

กิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะครอบคลุมเนื้อหาหลัก 5 เรื่องดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2540: 6)

- 1.ระบบนิเวศ
- 2.ประชากรมนุษย์
- 3.ทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ น้ำ ดินและแร่ธาตุ ป่าไม้ พลังงาน
4. วิกฤติการณ์ทรัพยากรธรรมชาติ
- 5.การพัฒนาที่ยั่งยืน

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

ผู้วิจัยได้ศึกษารายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว411 พบว่า เนื้อหาหลักในส่วนของวิกฤติการณ์ทรัพยากรธรรมชาติได้กล่าวถึงเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกไว้ แต่มีรายละเอียดไม่มากพอ ดังนั้น จึงน่าจะเพิ่มเติมเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกให้มีรายละเอียดของเนื้อหาเพิ่มขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง และตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาของสิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบต่อมนุษย์ ควรมีการให้ความรู้เพิ่มเติมแก่เยาวชน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารเพื่อเพิ่มเติมเนื้อหาดังนี้

1.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร

ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า มีผู้อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจกไว้หลายท่าน ตัวอย่างเช่น

ภิรมย์ อ่อนแสง (2538 : 41) ได้กล่าวถึงปรากฏการณ์เรือนกระจกว่า เป็นคำที่นักอุตุนิยมวิทยาใช้กับการที่บรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิอบอุ่นขึ้น หรือการรักษาอุณหภูมิของโลกไว้ได้โดยการดูดกลืนพลังงานคลื่นยาวแล้วปล่อยกลับคืนให้กับโลก

สมยศ รุ่งโรจน์วณิชย์ (2538 : 53) ได้กล่าวถึงปรากฏการณ์เรือนกระจกว่า มีความหมายเหมือนการเปรียบเทียบชั้นบรรยากาศของโลกกับหลังคาของเรือนปลูกพืชที่ทำด้วยกระจกซึ่งนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า ถ้าโลกปราศจากสภาวะเรือนกระจกในสภาวะปกติตามธรรมชาติแล้วนั้น (Green house) สิ่งมีชีวิตบนโลกนี้อาจจะอยู่ได้อย่างไม่สะดวกสบายเพราะอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกอาจจะสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในยุคปัจจุบันนี้

นันทิรา สรรพณ (2541 : 55) ได้กล่าวถึงปรากฏการณ์เรือนกระจกไว้ว่า ทุกสิ่งในเอกภพมีการแผ่รังสีหรือแลกเปลี่ยนพลังงานกันที่สำคัญคือพลังงานความร้อน การแผ่รังสีของสิ่งต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งนั้น เช่น ดวงอาทิตย์ที่มีความร้อนสูงจะแผ่รังสีส่วนใหญ่อยู่ในคลื่นสั้นในแถบ

600 นาโนเมตร ส่วนโลกของเราส่วนใหญ่จะแผ่รังสีคลื่นยาวอยู่ในแถบ 16,000 นาโนเมตร เมื่อรังสีความร้อนของดวงอาทิตย์กระทบบรรยากาศโลก ความร้อนส่วนหนึ่งจะถูกบรรยากาศดูดซับไว้ และอีกส่วนหนึ่งจะผ่านทะลุไปกระทบผิวโลก รังสีความร้อนที่กระทบผิวโลกนี้ส่วนหนึ่งผิวโลกจะดูดซับไว้ อีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับออกไปสู่อวกาศ รังสีความร้อนส่วนที่บรรยากาศดูดซับไว้จะช่วยทำให้โลกเราอบอุ่นขึ้น และทำให้อุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนไม่แตกต่างกันมากนัก เหมาะแก่การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต

พิสูตร บรรดาศักดิ์ไพศาล (2539 : 6) ยังได้อธิบายความหมาย ปรากฏการณ์เรือนกระจกไว้ใกล้เคียงกันดังนี้ คือ เรือนกระจก ได้แก่เรือนที่ปิดล้อมด้วยกระจกหรือวัสดุอื่น ซึ่งให้ผลในการกักเก็บความร้อนคล้ายกัน เช่น พลาสติกที่ใช้ในการเพาะชำและปลูกพืชบางชนิด โดยอากาศภายในเรือนกระจกจะร้อน และชื้นกว่าอากาศภายนอก ดังนั้น ประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นจึงใช้เรือนกระจกกันมาก เพราะทำให้สามารถปลูกพืชเมืองร้อนได้ ปรากฏการณ์กักเก็บความร้อนเช่นนี้ เกิดจากคุณสมบัติพิเศษของกระจกที่ยอมให้ความร้อนของรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามา โดยกระจกที่มีคุณภาพดีจะให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ถึงร้อยละ 90 แต่เมื่อรังสีความร้อนผ่านเข้าไปในเรือนกระจกแล้ว จะยอมให้รังสีความร้อนสะท้อนกลับผ่านออกไปได้เพียง 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น จึงทำให้อุณหภูมิภายในเรือนกระจกสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก

นอกจากนี้ กนกจันทร์ พัฒนพิชัย (2534 : 38-40) ให้ทัศนะเกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจกว่า ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า “ผลกระทบเรือนกระจก” นี้คือ ภาวะที่อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกสูงขึ้น เพราะมีก๊าซเรือนกระจกขึ้นไปปกคลุมชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลกก๊าซเหล่านี้จะกั้นรังสีบางชนิดไม่ให้ผ่านลงมายังโลก แต่ปล่อยให้รังสีบางชนิดผ่านลงมายังโลกมากยิ่งขึ้น และกักเก็บไม่ให้ความร้อนบนผิวโลกระบายออกไปนอกโลกได้ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้นเช่นเดียวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในเรือนกระจก

จากความหมายของปรากฏการณ์เรือนกระจกดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ดังนี้ ปรากฏการณ์เรือนกระจก คือ ปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศของโลกเกิดการกักเก็บความร้อน โดยการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ส่วนหนึ่ง และยอมให้รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านไปยังผิวโลกส่วนหนึ่ง ดูดซับรังสีความร้อนจากพื้นผิวโลกส่วนหนึ่ง และปล่อยให้รังสีจากผิวโลกส่วนหนึ่งออกสู่อวกาศ มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นกว่าภาวะปกติ ซึ่งเปรียบเทียบเสมือนกับเรือนกระจกที่ใช้ในการเกษตรของประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นเพราะอุณหภูมิภายในเรือนกระจกที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอก จะช่วยให้สามารถปลูกพืชในเขตร้อนได้

1.2 ชั้นของบรรยากาศ

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอต (2538 : 87-89) ; นัทธีรา สรรมณี (2541 : 50) ; ภิรมย์ อ่อนแสง (2538 : 35-37) ได้กล่าวถึงการแบ่งชั้นบรรยากาศของโลก ตรงกันว่าบรรยากาศของโลกสามารถแบ่งเป็น 4 ชั้น คือ

1. ชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) เป็นบรรยากาศชั้นล่างสุดที่อยู่ติดกับผิวโลกมีความสูงโดยเฉลี่ยประมาณ 10 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก ลักษณะของบรรยากาศชั้นนี้ เป็นชั้นที่มีมวลอากาศ

อยู่หนาแน่นถึง ร้อยละ 70 ของอากาศทั้งหมด ในบรรยากาศชั้นนี้อุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูง คือจะลดลงในอัตราประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสต่อกิโลเมตร อากาศที่เย็นลงเมื่ออยู่สูงขึ้นไปจะมีการกระจายตัว และมีการหมุนเวียนของอากาศมาก หรือเคลื่อนไหวในแนวตั้งและแนวนอน จึงมีการผสมผสานกันเป็นอย่างดี บรรยากาศชั้นนี้ในแถบเส้นศูนย์สูตรมีความสูงประมาณ 15 กิโลเมตร ส่วนบริเวณขั้วโลกจะสูง 10 กิโลเมตร บริเวณชั้นบนสุดของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์จะเป็นช่วงต่อกับชั้นสตราโทสเฟียร์อุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลง เรียกบรรยากาศบริเวณจุดแบ่งนี้ว่า โทรโปพอส (Tropopause)

2. ชั้นสตราโทสเฟียร์ (Stratosphere) เป็นชั้นบรรยากาศถัดขึ้นไปจากชั้นโทรโพสเฟียร์ ที่ช่วงระดับความสูงประมาณ 10-50 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก บรรยากาศชั้นนี้อุณหภูมิจะสูงขึ้นจนกระทั่งมีอุณหภูมิสูงประมาณ 270 เคลวิน หรือประมาณ 0 องศาเซลเซียส เนื่องจากในบรรยากาศช่วงนี้มีก๊าซโอโซน (Ozone หรือ O_3) ซึ่งเกิดจากการที่โมเลกุลของ ออกซิเจน (O_2) ถูกกระทำให้แตกออกเป็นอะตอมแล้วจัดรูปแบบใหม่เป็นโมเลกุลของโอโซนโดยแผ่เป็นชั้นอยู่ จึงนิยมเรียกบรรยากาศส่วนนี้ว่า ชั้นโอโซน (Ozone Layer) ก๊าซโอโซนทำหน้าที่ดูดซับรังสีบางส่วนของรังสีจากดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะบางส่วนของรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือยูวี (UV) เพราะว่าโอโซนจะมีความไวต่อการทำปฏิกิริยากับรังสียูวีมากกว่าออกซิเจน จึงมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น อากาศในชั้นนี้จึงไม่เคลื่อนที่ในแนว ช่วงต่อบนสุดของชั้นสตราโทสเฟียร์กับชั้นล่างสุดของชั้นเมโซสเฟียร์จะมีชั้นบรรยากาศบริเวณจุดแบ่งเรียกว่า สตราโทพอส (Stratopause)

3. ชั้นเมโซสเฟียร์ (Mesosphere) เป็นชั้นบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด ยิ่งความสูงเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจะลดลง ในช่วงระดับความสูงประมาณ 50-85 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก อุณหภูมิจะลดลงถึง 175 เคลวิน หรือ -98 องศาเซลเซียส

4. ชั้นเทอร์โมสเฟียร์ (Thermosphere) เป็นบรรยากาศชั้นบนสุด ในช่วงระดับความสูงประมาณ 90-400 กิโลเมตรจากผิวโลก ซึ่งอุณหภูมิจะสูงขึ้นตามระดับความสูง และจะมีอุณหภูมิเกิน 1,000 เคลวิน บรรยากาศชั้นนี้มีมวลอากาศน้อยมาก บางครั้งเรียกว่าบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ (ionosphere) เนื่องจากรังสีเอกซ์และรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ ทำให้อะตอมและโมเลกุลของไนโตรเจนและออกซิเจนแตกตัวเป็นไอออนประจุบวก (O_2^+ , O^+ , NO^+) และอิเล็กตรอน (e^-) ซึ่งอิเล็กตรอนของอะตอมเหล่านี้จะวิ่งเป็นอิสระทั่วบรรยากาศชั้นนี้ทำให้เกิดกระแสอิเล็กตรอนที่สามารถสะท้อนคลื่นวิทยุ เอ เอ็ม (Amplitude Modulation) กลับสู่ผิวโลกได้

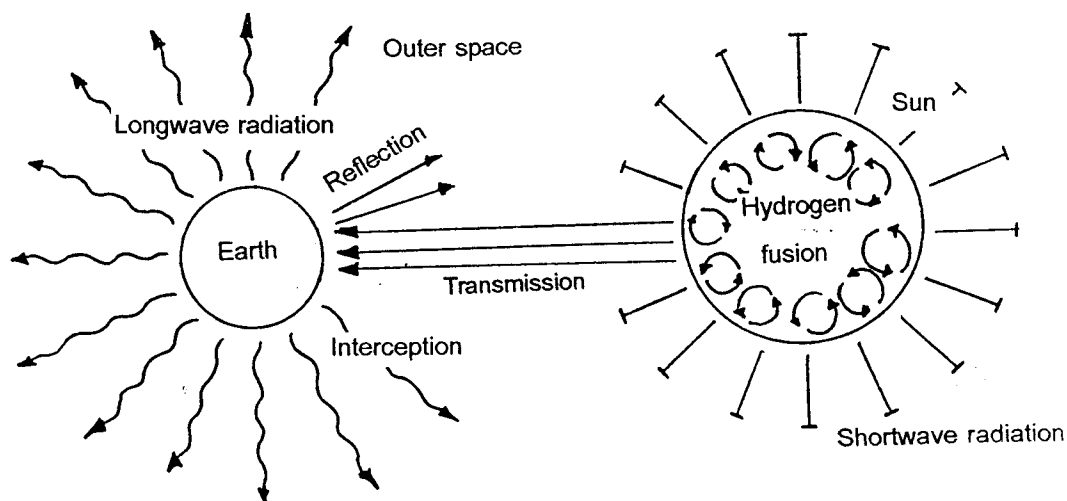
ดังนั้น โทรโพสเฟียร์จึงเป็นชั้นบรรยากาศที่อยู่ใกล้ผิวโลกที่สุด มีความสำคัญต่อมนุษย์ มีผลต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตโดยตรง ปรากฏการณ์เกี่ยวกับ ลม ฟา อากาศ (Weather) และภูมิอากาศเกือบทั้งหมดที่มีผลต่อมนุษย์เกิดขึ้นในบรรยากาศชั้นนี้ เพราะส่วนประกอบที่สำคัญคือ ไอน้ำ และฝุ่นละอองจำนวนมาก ซึ่งไอน้ำสามารถดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์ เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วย และอาจจะสรุปได้ว่าประโยชน์ของชั้นบรรยากาศ คือ มีสัดส่วนของก๊าซออกซิเจน และไนโตรเจนที่เหมาะสมจึงไม่เกิดการสันดาปง่ายเกินไป มีโอโซนช่วยดูดซับรังสียูวีจากแสงแดด ป้องกันอุกบาต ทำให้เกิดฝนและลม มีปรากฏการณ์เรือนกระจกธรรมชาติที่ช่วย

รักษาอุณหภูมิของโลก กล่าวคือ ในเวลากลางวันเมื่อได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ บรรยากาศจะค่อยๆ ร้อนขึ้น แล้วแผ่รังสีความร้อนทำให้พื้นดินร้อนขึ้นอย่างช้า ๆ ส่วนในเวลากลางคืน จะรักษาความร้อนไว้ในรูปของรังสีคลื่นยาว ไม่ปล่อยให้ความร้อนแผ่รังสีออกไปอย่างรวดเร็ว ถ้าไม่มีปรากฏการณ์เรือนกระจกนี้ เวลากลางวันอุณหภูมิจะสูงถึง 110 องศาเซลเซียส และกลางคืนอุณหภูมิจะลดต่ำลงถึง -180 องศาเซลเซียส

1.3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก

ภิรมย์ อ่อนแสง (2538 : 37-40) ; วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ , นิตยา มหาผล และ วีระ เกรอต (2538 : 82-86) ได้กล่าวถึงการแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก สามารถสรุปได้ดังนี้

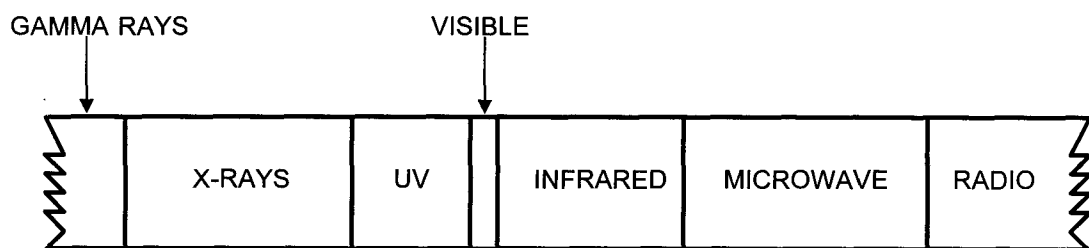
โดยทั่วไปแล้วระบบการไหลเวียนบรรยากาศของโลกนั้นมีแรงขับเคลื่อนมาจากพลังงานจากดวงอาทิตย์ (Solar Energy) เกือบทั้งสิ้น แต่บางส่วนของคลื่นความร้อนของโลกได้มาจากแผ่นดินหรือส่วนธรณีภาค (Lithosphere) ขึ้นมายังผิวโลก เช่น จากกัมมันตภาพรังสี และจากการระเบิดของภูเขาไฟแต่เป็นส่วนน้อยมากเมื่อเทียบกับพลังงานจากดวงอาทิตย์ เมื่อผิวโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ จะเกิดการดูดกลืน (Absorption) พลังงานทำให้ผิวโลกร้อนขึ้น ในขณะเดียวกัน โลกก็แผ่รังสีความร้อน (Emission of Radiant Energy) ที่เป็นรังสีคลื่นยาวออกไปสู่อวกาศทำให้อุณหภูมิที่ผิวโลกเย็นลง ซึ่งกระบวนการทั้งสองอยู่ในสภาพสมดุลกันพอดี ณ บริเวณหนึ่งและ ณ เวลาหนึ่งผิวโลกอาจจะได้รับความร้อนมากกว่าความร้อนที่เสียไปในขณะที่อีกบริเวณหนึ่งอาจตรงกันข้าม เช่น ที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะได้รับรังสีความร้อนมากกว่าเสียความร้อน ส่วนในบริเวณขั้วโลกจะสูญเสียความร้อนมากกว่าความร้อนที่ได้รับเข้ามา เป็นต้น เนื่องจากโลกของเรามีกลไกที่สามารถช่วยถ่ายเทพลังงานความร้อน (Heat Transfer Mechanism) ในรูปของการไหลเวียนของกระแสน้ำและกระแสลมที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา



ภาพประกอบ 1 ระบบการแผ่รังสีของโลก ดวงอาทิตย์ และอวกาศ

ที่มา : ภิรมย์ อ่อนแสง. 2538 : 38.

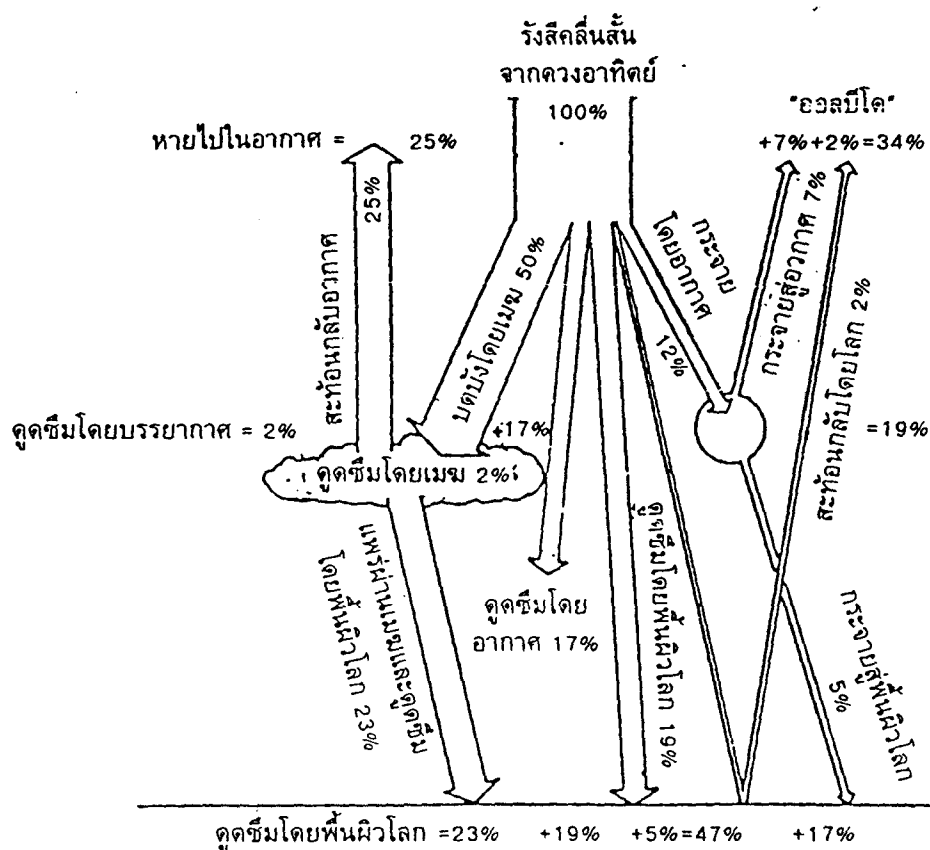
ดวงอาทิตย์ในระบบสุริยะเป็นดวงดาวที่มีมวลขนาดกลาง มีอุณหภูมิที่พื้นผิวประมาณ 6,000 องศาเซลเซียส และสามารถแผ่พลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) ที่มีความยาวคลื่นต่างกันของสเปกตรัม (Spectrum) มายังโลกเพียง 1 ใน 2,000 ล้านส่วนของพลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาทั้งหมด โดยแบ่งความยาวคลื่นเป็น รังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ ซึ่งมีความยาวคลื่น $1/2,000$ ถึง $1/100 \mu\text{m}$ ($1 \mu\text{m}$ หรือ 1 Micrometer = $1/1,000$ มิลลิเมตร) และรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งมีความยาวคลื่น 0.2 ถึง $0.4 \mu\text{m}$ รวมประมาณร้อยละ 9 ของพลังงานทั้งหมด รังสีแสงที่ตาคนมองเห็น (Visible Light Rays) ความยาวคลื่น 0.4 ถึง $0.7 \mu\text{m}$ ร้อยละ 41 ส่วนที่เหลือร้อยละ 50 เป็นคลื่นยาว (Long Wave) ได้แก่ รังสีอินฟราเรด (Infrared Rays) ความยาวคลื่น 0.7 ถึง $15 \mu\text{m}$ ช่วงความยาวคลื่นที่น่าสนใจคือ รังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เรือนกระจกนั่นเอง



ภาพประกอบ 2 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา : ภิรมย์ อ่อนแสง. 2538 : 39.

เมื่อการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มาสู่โลกที่ระดับความสูง 150 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลกนั้น พลังงานจากรังสีเกือบ 100 % ยังคงอยู่ แต่เมื่อทะลุลงมาถึงระดับ 85 กิโลเมตร รังสีเอ็กซ์ถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศเกือบหมด และรังสีอัลตราไวโอเล็ตถูกดูดกลืนไปมาก เมื่อรังสีของดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่ชั้นโทรโพสเฟียร์ รังสีแสงที่ตาคนมองเห็นคือ ช่วงคลื่นแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ตกกระทบกับอนุภาคฝุ่นละอองและไอน้ำในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ทำให้คลื่นแสงสีน้ำเงินถูกหักเหออกไปบางส่วน ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสเราจึงมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีคราม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน (Diffuse Reflection) ก่อนที่จะผ่านมายังผิวโลก การสูญเสียพลังงานในรูปแบบอื่นยังมีอีกหลายรูปแบบ เช่น การดูดกลืนโดยโอโซน เมื่อรังสีทะลุสู่ชั้นที่มีโอโซนหนาแน่น การดูดกลืนโดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ และไอน้ำ ซึ่งในส่วนนี้จะดูดกลืนรังสีความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับไอน้ำในอากาศแต่ละบริเวณนั้นจะมีความแปรปรวนต่างกัน เช่น มีปริมาณร้อยละ 0.02 เหนือทะเลทราย และอาจจะสูงถึงร้อยละ 1.8 ในย่านเขตร้อนชื้นของเขตรัฐฟลอริดา



ภาพประกอบ 3 สมดุลของพลังงานจากดวงอาทิตย์บนโลก

ที่มา : Seinfeld. 1975.

จากภาพประกอบ 3 จะเห็นว่าพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่บรรยากาศของโลก บางส่วนจะสะท้อนออกไปสู่อวกาศ ส่วนที่สะท้อนออกไปแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. การกระจัดกระจาย	7%
2. การสะท้อนจากเมฆ	25%
3. การสะท้อนจากพื้นดินและน้ำ	2%
รวมทั้งสิ้น	34%

และพลังงานจากดวงอาทิตย์บางส่วนจะถูกดูดกลืน 3 ลักษณะคือ

1. การดูดกลืนโดยพื้นดินและพื้นน้ำ	47%
2. การดูดกลืนโดยอากาศ	17%
3. การดูดกลืนโดยเมฆ	2%
รวม	66%

การสะท้อนพลังงานจากพื้นดิน (Ground or Terrestrial Radiation) เกิดขึ้นเมื่อพื้นดินหรือพื้นน้ำสะสมความร้อนจากการดูดกลืนพลังงานไว้ แต่เนื่องจากพลังงานที่สะสมไว้น้อยและอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นการแผ่รังสีจึงเป็นคลื่นยาวระหว่าง 4-30 μm ออกสู่บรรยากาศ ทำให้บรรยากาศดูดกลืนได้อย่างง่ายดายเพราะไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถจะดูดกลืนพลังงานได้ดี ในช่วงความยาวคลื่น 4-8 μm และ 12-20 μm ส่วนในช่วงกลางคือ 8-12 μm จะทะลุผ่านออกไปสู่อวกาศนอกโลกได้ เมื่อบรรยากาศตอนล่างร้อนขึ้นเพราะไอน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บรรยากาศช่วงนี้จะแผ่รังสีกลับคืนสู่พื้นดินหรือพื้นน้ำอีกครั้ง ช่วยรักษาอุณหภูมิของโลกไม่ให้ต่ำเกินไปในเวลากลางคืนหรือในฤดูหนาว

1.4 ก๊าซเรือนกระจก

ความรู้เรื่อง ก๊าซเรือนกระจก ได้มีผู้กล่าวถึงหลายคน เช่น เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2537 : 335-336) ; ภิรมย์ อ่อนแสง (2538 : 43-48) ; สมยศ รุ่งโรจน์วิชัย (2538 : 53-56) และนันทิรา สรรพณี (2541 : 56) ซึ่งผู้วิจัยได้พยายามนำมาเรียบเรียง โดยใช้เอกสารของภิรมย์ อ่อนแสงเป็นหลัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณน้อยมากตามธรรมชาติ แต่เนื่องจากมีปริมาณน้อย เมื่อมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วยสาเหตุใดก็ตามจะมีผลกระทบอย่างใหญ่หลวง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบต่างๆ ของโลกได้ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และออกไซด์อื่น ๆ ของไนโตรเจน (NO_x) โอโซน (O_3) และสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง CFCI_3 และ CF_2Cl_2 ที่รู้จักกันในชื่อ CFC-11 และ CFC-12 ตามลำดับดังปรากฏในตาราง 1 ซึ่งจะเห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 , CH_4 และ N_2O เป็นร้อยละ 25, ร้อยละ 110 และร้อยละ 8 ตามลำดับโดยเปรียบเทียบระหว่างยุคอุตสาหกรรมกับยุคปัจจุบัน ส่วนก๊าซที่สังเคราะห์โดยมนุษย์ คือ CFC-11 และ CFC-12 เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 280 และ 484 pptv ตามลำดับจากการวิเคราะห์ฟองอากาศโบราณในแกนน้ำแข็งจากทวีปแอนตาร์กติกาแสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบของอากาศเมื่อ 10,000 ปีที่แล้ว จนกระทั่งเมื่อ 300 ปีที่ผ่านมา ตรวจพบว่าก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นเร็วมากในศตวรรษนี้ (ตาราง 1)

ตาราง 1 ก๊าซเรือนกระจกที่มีผลต่อมนุษย์

Parameter	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	CFC-12
<u>ก่อนยุคน้ำแข็ง (15,000 ปี)</u>					
- ระดับ ความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศ	195 ppmv	0.35 ppmv	244 ppbv	0	0
<u>ยุคอุตสาหกรรม (ค.ศ.1750-1800)</u>					
- ระดับ ความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศ	280 ppmv	0.80 ppmv	288 ppbv	0	0
<u>ยุคปัจจุบัน (ค.ศ.1800-1900)</u>					
- ระดับ ความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศ	353 ppmv	1.72 ppmv	310 ppbv	280 pptv	484 pptv
-อัตราการเพิ่มต่อปี	1.8 ppmv	0.015 ppmv	0.8 ppbv	9.5 pptv	17 pptv
-การสะสมตัวในชั้นบรรยากาศ	(0.5%)	(0.9%)	(0.3%)	(3.4%)	(3.5%)
-ความสัมพันธ์กับปฏิกิริยารังสี	1	27	210	12400	15800
-อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)	100-200	10	150	65	130

ppmv = part per million.by volume

ppbv = part per billion.by volume or 10^9 pptv = part per trillion.by volume or 10^{12}

ที่มา : แปลมาจาก ภิรมย์ อ่อนแสง. 2538 : 44.

ทั้งนี้จากการศึกษาเอกสารดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปรายละเอียดของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

1.4.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุด จึงเป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุดด้วย คือเป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกร้อยละ 55 ระหว่างปี ค.ศ. 1958 ถึงปี ค.ศ. 1984 มีการบันทึกปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่วัดได้จากหอสังเกตการณ์โมนา โล รัฐฮาวาย พบว่ามีการเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ นักวิทยาศาสตร์ชาวสวิสเซอร์แลนด์ได้ค้นพบฟองอากาศโบราณ อายุประมาณ 10,000 ปีในน้ำแข็งทวีปแอนตาร์กติกาและพบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 270 ppm (ส่วนในล้านส่วน) สำหรับเมื่อปี ค.ศ. 1960 มีปริมาณเจือปนในบรรยากาศ 315 ppm. ได้เพิ่มขึ้นเป็น 344 ppm. ในปี ค.ศ. 1986 หรือกล่าวได้ว่า ในช่วงระยะเวลา 26 ปี ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 25 และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น 0.5 องศาเซลเซียส (°C) ในซีกโลกเหนือ และคาดว่าจะอีก 50 ปีข้างหน้าจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 ในขณะนี้ปริมาณการเพิ่มในแต่ละปีเป็น 5,575 ล้านตัน เฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาประเทศเดียวมีส่วนเพิ่มก๊าซถึง 1,299 ล้านตัน (ดูจากตาราง 2)

ตาราง 2 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปี ค.ศ. 1986 และประมาณการปี ค.ศ. 2030

แหล่งที่มา	ปี ค.ศ.1986	ปี ค.ศ. 2030	การเพิ่มรายปี(ร้อยละ)
โลก	5,575(100%)	18,184(100%)	2.7
สหรัฐอเมริกา	1,299(23%)	3,257(18%)	2.1
กลุ่มสหภาพโซเวียต	1,030(18%)	2,940(16%)	2.4
จีน	621(11%)	1,218(7%)	1.5
ญี่ปุ่น	260(5%)	419(2%)	1.1
กลุ่มประเทศด้อยพัฒนา	1,452(26%)	5,891(32%)	3.2
เอเชียอาคเนย์	46(3%)	532(3%)	3.0

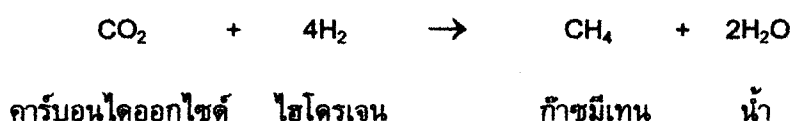
(หน่วย 10⁹ ตัน)

ที่มา : ภิรมย์ อ่อนแสง. 2538 : 46.

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน และจากการเผาไหม้หรือเผาป่าแต่ซิมมอนส์ (ภิรมย์ อ่อนเล็ง.2538 : 46 อ้างอิงมาจาก Simmons.1991) กล่าวว่าก๊าซนี้เพิ่มขึ้นจากการเผาของเชื้อเพลิงฟอสซิล 5×10^9 ตันต่อปี ซึ่งIPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ประมาณการว่า มีการเผาเชื้อเพลิงชีวภาพและมีการบุกรุกป่าคิดเป็นร้อยละ 20-40 ของการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ สอดคล้องกับครูเซนท์และโกลิตซิน (ภิรมย์ อ่อนเล็ง. 2538 : 46 อ้างอิงมาจาก Crutzen and Golitsyn. 1993) พบว่า ในช่วงค.ศ. 1850-1986 มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ชั้นบรรยากาศเกือบ 200,000 ล้านตัน ซึ่งเป็นผลจากเชื้อเพลิงชีวภาพส่วนอีกประมาณ 120 กิกะตันมาจากการเกษตรต่างๆ คาดว่ายังคงเหลือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในบรรยากาศอย่างต่ำร้อยละ 40 ของทั้งหมด และประมาณกันว่าในปี ค.ศ. 2027 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปัจจุบัน จากหลักการวัฏจักรชีวพลังงาน (Biological Energy Cycle) พืชใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างคาร์โบไฮเดรต ซึ่งจะเป็นอาหารสำหรับสัตว์ต่อไป การหายใจของพืชก็เป็นส่วนหนึ่งของระบบในการคืนพลังงานสู่บรรยากาศ แต่เมื่อพืชและสัตว์ถูกทำลาย พลังงานจะถูกเก็บไว้ใต้ดินเป็นปริมาณมหาศาล เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติและปิโตรเลียม นั้นแสดงถึงการเก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ของโลก เพื่อควบคุมปริมาณก๊าซให้อยู่ในสภาพสมดุลนั่นเอง

1.4.2 ก๊าซมีเทน (CH_4)

ก๊าซมีเทนเป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกร้อยละ 15 เกิดจากก๊าซมีเทน ซึ่งมีความเข้มข้นเป็นอันดับสอง คือ 1.72 ppmv ก๊าซนี้ถูกผลิตเข้าสู่บรรยากาศปีละประมาณ 485 ล้านตัน ส่วนใหญ่เกิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากการทำนาข้าว ปีละ 110 ล้านตัน การเลี้ยงปศุสัตว์ ปีละ 35 ล้านตัน การขุดก๊าซธรรมชาติปีละ 45 ล้านตัน เหมืองถ่านหินปีละ 35 ล้านตัน การเผาเชื้อเพลิงทางชีวภาพปีละ 40 ล้านตัน เป็นต้น แต่ที่มากที่สุดคือ การหมักหมมในที่ลุ่มชื้นแฉะปีละ 115 ล้านตัน จึงสรุปได้ว่าแหล่งกำเนิดก๊าซมีเทน คือ การเลี้ยงสัตว์ ทำนาข้าว การเน่าเปื่อยผุพังของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ การเกิดก๊าซในกองขยะ และกิจกรรมทางชีวภาพต่างๆ เช่น การผลิตก๊าซชีวภาพ การขุดเจาะก๊าซและถ่านหิน ถึงแม้จะมีปริมาณน้อยกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ก็มีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้มากกว่าถึง 21 เท่า ก๊าซมีเทนมีปริมาณคงที่เป็นเวลาหลายพันปีแต่เพิ่มเป็น 2 เท่า ในระยะเวลาเพียง 250 ปี ก๊าซมีเทนส่วนมากจะเป็นผลผลิตของแบคทีเรียที่เรียกว่า Methanogens อันเป็นผลพลอยได้จากการใช้พลังงาน คือ



จุลินทรีย์ Methanogens สามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน เพราะเป็นแบคทีเรียพวก anaerobic จึงอยู่ได้ในบ่อน้ำบาดาลเสีย กอขยะ ในระบบการย่อยอาหารของสัตว์ทุ่งนาข้าวและที่ลุ่มชื้นแฉะต่าง ๆ ก๊าซนี้เพิ่มขึ้นในขณะที่พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะของโลกลดลงและตื้นเขินทุกปี ดังนั้นน่าจะมาจากการขยายตัวทางการเกษตร จากนาข้าวเพิ่มเป็น 2 เท่าในปี ค.ศ. 1950 และจากการเลี้ยงสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมประเภทเคี้ยวเอื้องเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในปี ค.ศ. 1890 (Simmons, 1991) แต่ก๊าซมีเทนจะถูกดึงออกมาจากอากาศหลายทางโดยธรรมชาติเพื่อรักษาสมดุล เช่น การทำปฏิกิริยาแล้วผลิตโอโซนในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ถูกใช้โดยแบคทีเรียในดินหลายชนิดและที่สำคัญคือ การทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (OH) เป็นปริมาณมากที่สุด จะเหลือส่วนเกินในชั้นบรรยากาศประมาณปีละ 44 ล้านตัน แต่ก๊าซมีอัตราการเพิ่มปีละเกือบร้อยละ 1 ซึ่งมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.4.3 ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดจากกระบวนการทางจุลชีววิทยาในดิน การย่อยสลายปุ๋ยเคมี และเกิดจากการเผาไหม้ไม้ และเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่าง ๆ เช่น รถยนต์ที่ใช้ น้ำมันและไม่มีระบบเครื่องกรองไอเสีย (Catalytic Converter) จะผลิตก๊าซนี้ออกสู่บรรยากาศ ก๊าซนี้เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจกร้อยละ 6 และสามารถคงอยู่ในบรรยากาศได้นานถึง 150-200 ปี ก๊าซชนิดนี้จะถูกทำลายโดยปฏิกิริยาของแสงในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ ทำให้บางส่วนกลายเป็นก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่จะทำลายโอโซน เมื่อพิจารณาถึงแหล่งผลิตจะพบว่าส่วนมากที่สุดเกิดจาก กระบวนการทางจุลชีววิทยาในดินและน้ำ เช่น Nitrification และ Denitrification ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในการเกษตร การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจึงเป็นสาเหตุสำคัญ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์เพิ่งจะทราบแหล่งกำเนิดและแหล่งใช้ก๊าซนี้ ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ประมาณการแหล่งกำเนิด (Sources) และใช้ (Sink) ไนตรัสออกไซด์

แหล่งกำเนิด	พิสัย(หน่วยล้านตัน/ปี)	การใช้	พิสัย(หน่วยล้านตัน/ปี)
มหาสมุทร	1.4-2.6	-ที่ดิน	1.2
ดิน ในป่าเขตร้อน	2.2-3.7	-Photolysis ในชั้น	1.5
ในป่าเขตอบอุ่น	0.7-1.5	ชั้นสตราโตสเฟียร์	1.8
การเผาเชื้อเพลิง	0.1-0.3	-เครื่องยนต์	0.2

ตาราง 3 (ต่อ)

แหล่งกำเนิด	พิสัย(หน่วยล้านตันปี)	การใช้	พิสัย(หน่วยล้านตันปี)
การเผาเชื้อเพลิงชีวภาพ	0.02-2.2	-อุตสาหกรรม	1.08
การใช้ปุ๋ย	0.01-2.2	-การเกษตร	1.09
รวม	4.4-12.5		6.87

ที่มา : ภิรมย์ อ่อนแสง. 2538 : 48 ; อ้างอิงมาจาก IPCC. 1990.

1.4.4 ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน

ก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอนหรือสารซีเอฟซี (CFC) มีอยู่หลายประเภท เช่น CFC-11 (Trichlorofluoromethane) ,CFC-12 (Dichlorodifluoromethane) , CFC-113 (Trichlorotrifluoromethane) ,CFC-114 (Dichlorotetrafluoroethane) , CFC-115 (Monochloropentafluoroethane) สารเหล่านี้นอกจากจะทำให้โลกร้อนขึ้นแล้ว ยังทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศของโลกด้วย แต่สาร CFC ก็ไม่ได้จัดว่าเป็นสารอันตราย ติดไฟยาก และสลายตัวยาก จึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เช่น สารฟรอนใช้ทำเป็นน้ำยาเครื่องปรับอากาศรถยนต์ เครื่องปรับอากาศตามบ้านและตู้เย็น ใช้ในการผลิตสารโพลีสไตรีน โฟมที่เรียกว่า สไตรโฟม เริ่มตั้งแต่สาร CFC รั่วไหลระหว่างกระบวนการผลิต และเมื่อมีการนำมาใช้ ถ้าโฟมแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยสาร CFC จะถูกปล่อยเข้าสู่บรรยากาศ นอกจากนี้แล้วสาร CFC ยังสามารถเข้าสู่บรรยากาศได้อีกหลายวิธี เช่น การใช้สเปรย์เพื่อฉีดทำความสะอาด ยาแก้โรคหืดหอบชนิดสเปรย์และอื่นๆ สาร CFC เป็นสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกประมาณร้อยละ 20 และสามารถกักเก็บความร้อนได้มากกว่าก๊าซ CO₂ ถึง 10,000 เท่าซึ่งที่เป็นปัญหาคือสารนี้คงอยู่ได้ในบรรยากาศเป็นเวลานานถึง 65-130ปี และมีอัตราการเพิ่มสูงกว่าก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ทำให้ประเทศต่างๆ รวมทั้งประเทศไทยต้องหามาตรการเพื่อลดการใช้สารอันตรายนี้ลง

1.4.5 ก๊าซโอโซน (O₃)

โอโซนเป็นก๊าซที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีเนื่องจากแสง ทำให้โมเลกุลออกซิเจนแตกตัวให้ออกซิเจนในสภาวะเร็วไปทำปฏิกิริยาต่อกับโมเลกุลออกซิเจนได้เป็นก๊าซโอโซน โอโซนที่พบประมาณร้อยละ 10 อยู่ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ ซึ่งโอโซนในชั้นบรรยากาศที่แตกต่างกันนี้มีความสำคัญแตกต่างกันไป ในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์โอโซนจะทำหน้าที่ดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ ไม่ให้

รังสีอัลตราไวโอเล็ตผ่านลงมาทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก แต่โอโซนระดับผิวพื้นหรือในบรรยากาศโทรโพสเฟียร์กลับเป็นสาเหตุของการระคายเคืองต่อปอด ทำลายพืชผัก และเป็นตัวกระตุ้นในการเกิดมลพิษทางอากาศอื่น ๆ

ก๊าซโอโซนบางส่วนเกิดจากมลพิษที่พื้นโลก เช่น เกิดจากไอเสียของยานพาหนะ โรงงานไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมัน เป็นต้น ในปี ค.ศ. 1986 รถยนต์ได้ปล่อยสารไฮโดรคาร์บอน 6.5 ล้านตัน และ ไนโตรเจนออกไซด์ 8.5 ล้านตันสู่อากาศ

ตาราง 4 ชนิดของสารต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโอโซน

สาร	กิจกรรมและการใช้	ผลต่อโอโซน
1. คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4)	-สาร Intermediates -สารทำลายชักแห้ง -สารทำความสะอาดโลหะ	ลดลง
2. คลอโรฟอร์ม (CHCl_3) เมทิลคลอโรฟอร์ม (CH_3CCl_3) และสารประกอบอื่นๆซึ่งมีคลอรีน	-ผ้าพลาสติกปิดแผล	ลดลง
3. ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	-การใช้ปุ๋ย การเกษตรกรรม	ลดลง
4. ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)	-เครื่องบินเร็วเหนือเสียง และเพดานสูง -เครื่องบินพาณิชย์อื่นๆ	ลดลง เพิ่มขึ้น
5. เมทิลคลอไรด์ (CH_3Cl)	-เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากมหาสมุทร และการทำไร่เลื่อนลอย	ลดลง

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก UNEP.1992.

ตาราง 5 ก๊าซที่มีผลต่อระดับของก๊าซโอโซน

ก๊าซ	สูตร	อายุเฉลี่ยใน บรรยากาศ (ปี)	ระดับความเข้มข้น ส่วนในพันล้านส่วนโดย ปริมาตร (ppbv)	อัตราการ เพิ่มต่อปี (ร้อยละ)
ฟร็อน 11	CFCl_3	75	0.23	5
ฟร็อน 12	CF_2Cl_2	110	0.4	5
ฟร็อน 113	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	90	0.02	7
ฮาลอน 1301	CF_3Br	110	ต่ำมาก	11
ไนตรัสออกไซด์	N_2O	150	304	0.25
คาร์บอนมอนอกไซด์	CO	0.4	เปลี่ยนแปลง	0-2
คาร์บอนไดออกไซด์	CO_2	7	344,000	0.4
มีเทน	CH_4	11	1,650	1

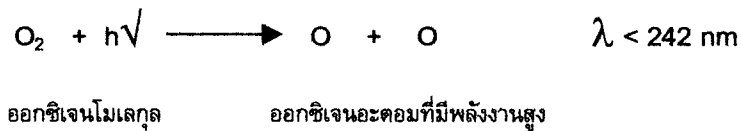
ที่มา : วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอด. 2538 : 93.

1.5 การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ

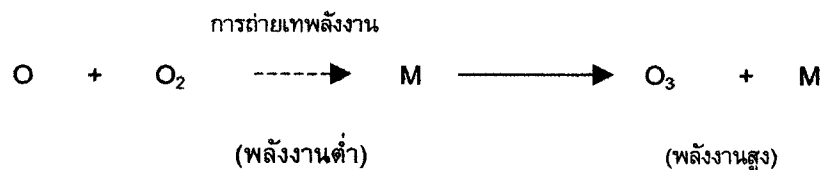
1.5.1 การเกิดก๊าซโอโซนในบรรยากาศ

นักชีรา สรรมณี (2541 : 29-35) และวงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และชีระ เกรอด. 2538 : 89-90) ได้กล่าวถึงการเกิดก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศพอสรุปรายละเอียดได้ดังนี้ โอโซนเกิดจากปฏิกิริยาเคมีเนื่องจากแสงทำให้ออกซิเจนโมเลกุลแตกตัวให้ออกซิเจนในสภาวะเร้า ($\text{O}(^1\text{D})$) ไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนโมเลกุลได้เป็นก๊าซโอโซน ซึ่งสามารถที่จะแสดงขั้นตอนการเกิด และการสลายของโอโซนในชั้นบรรยากาศดังนี้

1. รังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นสั้นน้อยกว่า 242 นาโนเมตร (Ultraviolet-A) ทำให้โมเลกุลออกซิเจนในชั้นสตราโทสเฟียร์แตกตัวออก เป็นออกซิเจนอะตอมที่มีพลังงานสูง



2. ออกซิเจนอะตอมจะจับกับออกซิเจนโมเลกุลอื่น เกิดโมเลกุลที่มี 3 อะตอม (triatomic molecule) นั่นคือ โอโซน (O_3) เนื่องจากออกซิเจนอะตอมนี้มีพลังงานสูงมาก จึงต้องมีโมเลกุลอื่นที่มารับพลังงานส่วนที่เกินออกไป (M) มิฉะนั้นโมเลกุลของโอโซนจะสลายไปเร็วพองๆ กับการเกิด โมเลกุลอื่นๆ ที่มารับพลังงานส่วนที่เกินในบรรยากาศ มักได้แก่ ไนโตรเจน (N_2) และออกซิเจน (O_2)

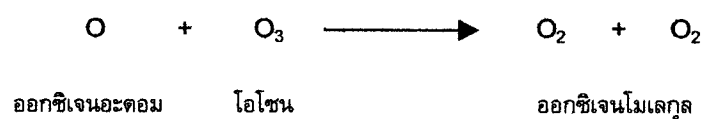


M คือ โมเลกุลที่มีพลังงานต่ำ เช่น N_2 , O_2

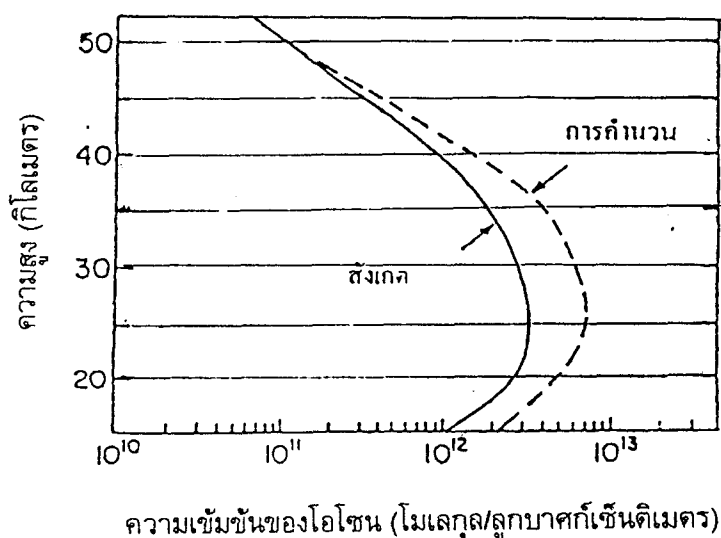
3. โอโซนสามารถดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ ในช่วงอัลตราไวโอเลตบี (Ultraviolet-B) ที่ความยาวช่วงคลื่น 200-320 นาโนเมตร แล้วแตกตัวเป็นออกซิเจนอะตอม กับออกซิเจนโมเลกุล



4. ออกซิเจนอะตอมจะชนกับโมเลกุลของโอโซน เกิดออกซิเจนโมเลกุล 2 โมเลกุล



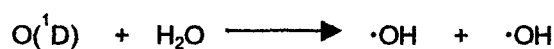
ในธรรมชาติพบว่าโอโซนมีความเสถียรน้อยกว่าออกซิเจน ในสภาวะที่สมดุลจึงพบโอโซนน้อยกว่า บริเวณที่พบโอโซนมากที่สุดจะอยู่ที่ความสูงประมาณ 30 กิโลเมตร (ภาพประกอบ 4) เนื่องจากบริเวณที่ระดับความสูงประมาณ 30-35 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่มีโมเลกุลออกซิเจนอยู่มาก และมีพลังงานแสงอาทิตย์มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดโอโซนได้ดี ประกอบกับน้ำหนักของก๊าซโอโซนมากกว่าก๊าซออกซิเจนทำให้อโอโซนมารวมตัวกันเป็นชั้นหนาแน่นมากที่ความสูงประมาณ 25 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก เรียกบริเวณนี้ว่า ชั้นโอโซน



ภาพประกอบ 4 ปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่ความสูงต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณ และค่าที่ได้จากการสังเกต

ที่มา : นัทธีรา สรรมณี. 2541 : 31 ; อ้างอิงมาจาก Spiro and Stigliani. 1980.

จากภาพประกอบ 4 พบว่าแนวโน้มของความเข้มข้นของโอโซนที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าที่ตรวจวัดได้จากธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะในทางธรรมชาตินั้น นอกจากการสลายโอโซนด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแล้ว โอโซนสามารถถูกสลายได้เนื่องจากสารอื่นที่ปนเปื้อนในอากาศ ได้แก่ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) คลอรีน (Cl_2) เป็นต้น และออกซิเจนอะตอมในสภาวะเร้าก็ยังมีสำคัญในการสร้างไฮดรอกซิลเรดิคัล ($\cdot\text{OH}$) ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาต่อสารต่างๆ ในบรรยากาศมาก ตามสมการ

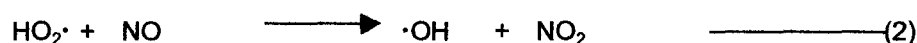


(ออกซิเจนในสภาวะเร้า)

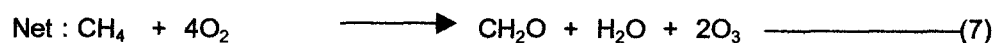
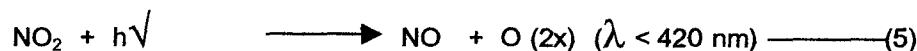
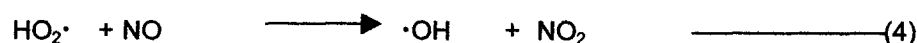
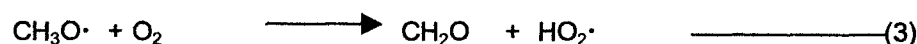
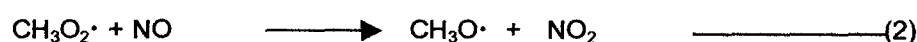
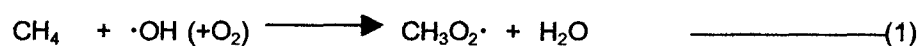
นอกจากนี้การเกิดโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์พบว่ามีเพียงร้อยละ 0.1 ของโอโซนที่เกิดจากบรรยากาศชั้นนี้จะสามารถหลุดลอยลงมาสู่บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ระดับล่างได้โดยขึ้นอยู่กับการหมุนเวียนของกระแสลมบนพื้นผิวโลก

นอกจากโอโซนที่เกิดจากบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์แล้ว โอโซนที่พบในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์อาจเกิดจากปฏิกิริยาในบรรยากาศหลายชนิดเช่น ปฏิกิริยา 5, 6, 7 และ 8 ข้างล่างนี้

5. ปฏิกิริยาที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยมีออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในสภาวะที่มีแสงเป็นตัวกระตุ้น

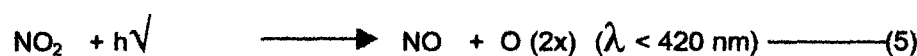
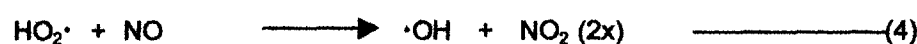
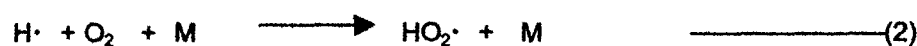


6. ปฏิกิริยาที่เกิดจากก๊าซมีเทน (CH_4) โดยมีอนุพันธ์ออกไซด์ของไนโตรเจนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในสภาวะที่มีแสงเป็นตัวกระตุ้น



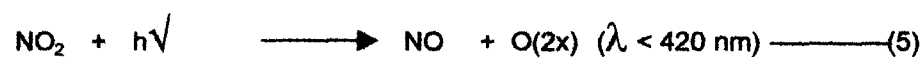
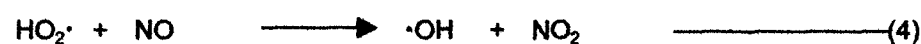
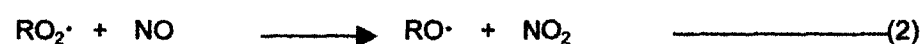
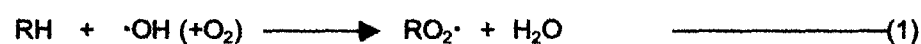
ซึ่งไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นใหม่ สามารถเกิดปฏิกิริยาสร้างโอโซนออกมาได้อีก

7. ปฏิกริยาที่เกิดจากไฮโดรคาร์บอนในบรรยากาศได้ก๊าซโอโซน และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต



โดยปฏิกริยานี้ต้องมีอนุพันธ์ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) เป็นตัวเร่งปฏิกริยาในสภาวะที่มีแสงเป็นตัวกระตุ้นให้ไฮโดรคาร์บอนแตกตัว ($\lambda < 350 \text{ nm}$) และไนโตรเจนไดออกไซด์แตกตัว ($\lambda < 350 \text{ nm}$) ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสามารถเข้าสู่สมการในข้อ 5 สร้างโอโซนได้อีก

8. ปฏิกริยาที่เกิดจากไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศ อันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ จะได้โอโซน 2 โมเลกุล และสารประกอบประเภทคาร์บอนิลในสภาวะที่มีแสงเป็นตัวกระตุ้น ซึ่งสารประกอบคาร์บอนิลนี้จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่ออ่อนๆ เช่น จมูก คอ และเรียกภาวะที่เกิดหมอก หรือก๊าซพิษในสภาวะนี้ว่า โฟโตเคมีคัลสม็อก (Photochemical Smog)





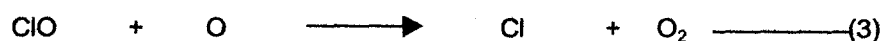
โดย Carb คือ สารประกอบคาร์บอนิล (Carbonyl Compounds)

1.5.2 ช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศโลก

การเกิดช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศเป็นปัญหาที่ทำให้รังสีอัลตราไวโอเล็ตจากดวงอาทิตย์ผ่านลงมาพื้นผิวโลกมากเกินไป สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดช่องโหว่โอโซน คือ มนุษย์ใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนหรือสารซีเอฟซีในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งสารซีเอฟซีนี้จะเป็นตัวทำลายโอโซน สารซีเอฟซีมีคุณสมบัติเป็นสารที่ไม่มีพิษ ไม่ติดไฟ แต่สลายตัวได้ยากอาจต้องใช้เวลาจนถึง 100 ปี และมีความสามารถในการทำลายโอโซนได้ดีมาก คือ อะตอมของคลอรีนที่แตกออกมาจากสารซีเอฟซีเพียงอะตอมเดียวสามารถทำลายโอโซนได้ถึงพันๆ ครั้ง ปฏิกิริยาเคมีของการทำลายโอโซนโดยสารซีเอฟซีดังสมการ (1)-(3)

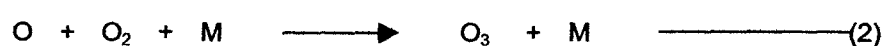


(สารฟรีออน (CFC) ได้แก่ CFCl_3 , CF_2Cl_2 , $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$)



ที่มา : เกียรติศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2537 : 337.

ปฏิกิริยาการทำลายโอโซนโดยไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์จะถูกกระตุ้นด้วยแสงกลายเป็นไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ซึ่งจะจับกับโอโซนได้ดี ให้ไนโตรเจนไดออกไซด์ ออกมากลับเข้าสู่วัฏจักรการทำลายโอโซนได้อีก





แม้ว่ากระบวนการนี้จะเกิดขึ้นน้อย แต่ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นองค์ประกอบที่อยู่ในบรรยากาศตามธรรมชาติ แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยไนตรัสออกไซด์เมื่ออยู่ในบรรยากาศชั้นล่างจะเป็นสารประกอบเฉื่อย แต่ประมาณร้อยละ 2 ของไนตรัสออกไซด์สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่บรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในสภาวะเราได้ในโตรเจนออกไซด์เข้าสู่วัฏจักรการทำลายโอโซนได้อีก



วัฏจักรการทำลายโอโซนจะสิ้นสุดลงก็ต่อเมื่อก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลเรดิเคิล (OH) เกิดกรดไนตริก (HNO_3) และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO) จะทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลเรดิเคิลได้กรดไนตริก (HNO_2) ซึ่งแพร่กระจายออกจากบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์ โดยอาจจะละลายในน้ำแล้วตกลงมาเป็นฝน

นอกจากการปล่อยไนตรัสออกไซด์จากกระบวนการของอุตสาหกรรมแล้ว โอโซนจากเครื่องบินซูเปอร์โซนิกที่มีเพดานบิน ที่ระดับความสูงในชั้นสตราโทสเฟียร์จะปล่อยโอโซนที่มีก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศได้อีก ประมาณว่าการบินของเครื่องบินซูเปอร์โซนิกที่มีมากกว่า 500 เที่ยวบินต่อวัน ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของโอโซนถึงประมาณร้อยละ 10

อาวุธนิวเคลียร์ก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์โดยตรง โดยประมาณว่าการทดลองนิวเคลียร์ของสหรัฐอเมริกาและโซเวียต ระหว่างปี ค.ศ. 1961-1962 ทำให้โอโซนลดลงประมาณร้อยละ 4 และหากโลกเกิดสงครามนิวเคลียร์ขึ้นจริง จะทำให้โอโซนลดลงได้ถึงร้อยละ 50-75

1.6 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2537 : 336-337) , พิสูตร บรรดาศักดิ์ไพศาล (2539 : 17-19) , กนกจันทร์ พัฒนพิชัย (2534 : 38-40) , ภิรมย์ อ่อนแสง (2538 : 49-59) และวงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และ วีระ เกรอด (2538 : 97-108) ได้กล่าวถึงผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจกไว้พอสรุปได้ดังนี้คือ

1. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกจะส่งผลกระทบต่อสิ่งอื่นๆ บนโลกทั้งหมด เพราะบรรยากาศเป็นสิ่งแวดล้อมระบบต่างๆ ของโลก การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากปรากฏการณ์เรือนกระจกได้เกิดขึ้นแล้ว จะเห็นได้จากในช่วงระยะเวลา 10,000 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิของโลกได้สูงขึ้น 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส และคาดว่าในอีก 50 ปีข้างหน้าความร้อนจะทำให้ภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ทั้งนี้นักวิทยาศาสตร์ประมาณว่าในซีกโลกเหนือฤดูหนาวจะสั้นลงกว่าเดิม ส่งผลให้ฤดูฝนและฤดูร้อนจะยาวขึ้นกว่าเดิมและแห้งแล้งกว่าเดิม ส่วนผลกระทบต่อประเทศไทยนั้นพบว่าจะมีอุณหภูมิจะสูงขึ้น 2-3 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปตามแนวโน้มของปริมาณก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (เช่น CFC-12 และ CFC-11) และไนตรัสออกไซด์จะทำลายชั้นโอโซน ได้มีการคาดคะเนว่า เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจาก 270-290 ส่วนในล้านส่วน (ppmv) ในกลางคริสต์ศตวรรษที่ 18 เป็น 345-350 ส่วนในล้านส่วน (ppmv) ในปัจจุบันและมีแนวโน้มจะเพิ่มเป็น 2 เท่าในคริสต์ศตวรรษที่ 20 นั้น ถึงตอนนั้นโลกจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีก 1.5-4.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้น้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือ และขั้วโลกใต้เกิดการละลาย ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นทำให้เกิดน้ำท่วมในที่ลุ่ม และทำให้เกิดพายุไซโคลนเพิ่มขึ้น แม้ในบริเวณที่ไม่เคยเกิด เป็นต้น

โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) ได้คาดคะเนว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 1.5-3 องศาเซลเซียสภายใน ค.ศ. 2030 ซึ่งความร้อนที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพสังคม และเศรษฐกิจเกิดได้อย่างกว้างขวาง

2. ผลกระทบทางการเกษตรกรรม

ในขณะที่โลกร้อนขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศของโลก ผลกระทบที่เห็นชัดเจนที่สุดคือ ผลกระทบต่อการเกษตรกรรม อุณหภูมิของอากาศที่ร้อนกว่าจะทำให้เขตการเกษตรของโลกเคลื่อนย้าย เช่น พื้นที่ปลูกข้าวสาลีจะเลื่อนขึ้นไปทางละติจูดสูงกว่าเดิม หรือไปทางขั้วโลก หากพื้นที่นั้นมีดินที่เลวกว่าจะทำให้ผลผลิตลดลง จากการศึกษาพบว่า ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียสจากค่าเฉลี่ย จะทำให้การเพาะปลูกธัญพืชในเขตละติจูดกลางในซีกโลกเหนือเลื่อนขึ้นไปทางเหนือประมาณ 150-200 กิโลเมตร และปลูกได้ในพื้นที่ที่สูงกว่าเดิมประมาณ 100-200 เมตร พื้นที่เพาะปลูกในเขตต่อเนื่อง (Marginal Land) เช่น ขอบทะเลทรายจะได้รับความเสียหาย เนื่องจากทะเลทรายจะขยายพื้นที่มากขึ้นทำให้พืชไม่สามารถปรับตัวได้ทันกับสภาพแวดล้อมใหม่ เนื่องจากพืชจะปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศหนึ่งเท่านั้น

ต้นพืชจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีขนาดใหญ่กว่าเดิม เพราะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปุ๋ยธรรมชาติอย่างหนึ่ง รวมทั้งวัชพืชก็จะมีขนาดใหญ่กว่าเดิมด้วย พืชอาจจะขาดไนโตรเจนและมีความต้านทานโรคและแมลงศัตรูพืชน้อยลง และดินจะขาดความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชในอัตราสูง แต่การเจริญเติบโตเร็วอาจจะได้ไม่หมายถึงผลผลิตที่สูงขึ้น เพราะสภาพอากาศ

จะเหมาะกับการแพร่ขยายของศัตรูพืชและเชื้อโรคได้ แต่มีผู้คาดการณ์ว่าถ้าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มเป็น 2 เท่า ในปลายศตวรรษหน้า ผลผลิตด้านการเกษตรจะเพิ่มโดยเฉลี่ย 3 เท่า พืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกันมาก จนเป็นปัญหาในการทำนายว่าอะไรจะเกิดขึ้นกับการเกษตรกรรม ผลผลิตพืชบางชนิดอาจจะเพิ่มเป็นเท่าตัว แต่บางชนิดเพิ่มเพียงเล็กน้อย การตอบสนองของพืชขึ้นอยู่กับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชชนิดนั้นว่าเป็นอย่างไร พืชที่ใช้คาร์บอน 3 อะตอมจะตอบสนองได้ดีกว่าพืชประเภท 4 อะตอม ในโลกเรามีพืชที่เป็นอาหารสำคัญ ประมาณ 20 ชนิด ซึ่งจัดเป็นพืชประเภท 3 อะตอม (C Plant) 16 ชนิด เช่น ข้าว ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์ ข้าวโอ๊ต มันฝรั่ง มันสำปะหลัง หัวผักกาดหวาน ถั่วฝักยาว มะพร้าว ถั่วเขียว และถั่วอื่นๆ (Parry and Swaminathan.1993) ส่วนที่เป็นประเภท 4 อะตอม เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย ลูกเดือย นั้นคาดว่าผลผลิตจะไม่เพิ่มมาก และโซคไมติเลอที่พืชเหล่านี้เป็นพืชที่สำคัญของประเทศยากจนกึ่งทะเลทรายในแอฟริกา ซึ่งอาหารขาดแคลนอยู่แล้ว

ในขณะที่ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ ไม่ใช่เฉพาะในสหรัฐอเมริกา แต่จะเกิดขึ้นในกลุ่มตลาดร่วมยุโรป และญี่ปุ่นด้วย จะมีผลผลิตมากเกินบริโภค จะมีผลทำให้ราคาผลผลิตทางการเกษตรจะถูกลง มีผลต่อการค้าของโลก และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น การลดพื้นที่ปลูกอ้อยที่จะทำน้ำตาลทราย เพราะสามารถเพิ่มผลผลิตจากหัวผักกาดหวานแทน นอกจากนี้เราจะต้องปรับปรุงพันธุ์พืชต่างชนิดใหม่ ให้ทนอากาศร้อนและแห้งแล้งได้ยาวนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของโอโซนจะขัดขวางการเพิ่มผลผลิต

3.การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศของโลก

ผลที่จะเกิดกับระบบนิเวศของโลกไม่สามารถทำนายได้ แต่เมื่อโลกร้อนขึ้น พื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งที่มีความสมบูรณ์ของระบบนิเวศ (Ecosystem) มากกว่าทรัพยากรอื่นจะลดพื้นที่ลง สิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่ไม่สามารถปรับตัวได้จะตายและสูญพันธุ์ ป่าไม้จะมีแนวโน้มขยายขึ้นไปทางขั้วโลก ในอัตรา 100 กิโลเมตร ต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นทุก ๆ 1 องศาเซลเซียส ประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลายจะได้รับผลกระทบนี้ เพราะพวกเขาใช้เชื้อเพลิงที่ไม่ต้องซื้อจากป่าไม้ถึงประมาณ 40% ของพลังงานที่ใช้ พื้นที่ทะเลทรายจะขยายตัวทำให้พื้นที่ขอบทะเลทรายกลายเป็นทะเลทราย (Desertification) เพิ่มขึ้น การกัดเซาะพังทลายของดิน (Soil Erosion) เพิ่มขึ้นและดินเสื่อมคุณภาพ ความหายนะทางนิเวศ (Ecological Hazards) เช่นพายุ น้ำท่วม ไฟป่า อาจเกิดขึ้นจนชินชา ในฤดูหนาวที่มีอากาศอุ่นกว่าที่ควรจะเป็นจะทำให้ศัตรูพืชมีอัตราการรอดตายมากยิ่งขึ้น การรุกของน้ำทะเลเมื่อระดับน้ำทะเลสูงขึ้นจะเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมชายฝั่งมากขึ้น จะเกิดการอพยพของพืชและสัตว์ พื้นที่ที่เคยได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลเฉพาะเวลาน้ำทะเลขึ้นจะจมอยู่ในน้ำทะเลตลอดเวลา จึงมีผลต่อทุกสิ่งทุกอย่างในพื้นที่นี้ การเกิดน้ำท่วมบ่อยๆ จะมีผลกระทบต่อนิเวศพืช และสัตว์ที่ไม่สามารถปรับตัวกับดินที่มีออกซิเจนต่ำ และยังทำให้สมดุลของน้ำในดินเปลี่ยนไป

4. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล

ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นและเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ต่ำบริเวณชายฝั่ง วัฏจักรของน้ำของโลกจะได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ถึงแม้ว่าจะมีฝนตกมากขึ้นในหลายพื้นที่แต่ดินกลับมีสภาพแห้งกว่าเดิมเนื่องจากอัตราการระเหยจะมีผลกระทบต่อการไหลของน้ำผิวดิน เขื่อนและอ่างเก็บน้ำอาจจะล้นไหล หรืออายุการใช้งานสั้นลง การวางแผนเพื่อการแก้ปัญหาทรัพยากรน้ำในระยะยาวอาจจะไม่บรรลุ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของภูมิอากาศของโลก หากจะพิจารณาถึงน้ำในทะเล และมหาสมุทรจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการละลายของธารน้ำแข็ง หรือแผ่นน้ำแข็งบริเวณขั้วโลก มีการประมาณการว่าน้ำแข็งที่ทวีปแอนตาร์กติกาที่มีปริมาณอยู่มหาศาลจะละลายได้หมดโลกจะต้องมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีก 20 องศาเซลเซียส และใช้เวลาหลายศตวรรษ ซึ่งจะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นประมาณ 6 เมตร แต่นับจากปี ค.ศ.1970 ถึงปัจจุบัน(ค.ศ.1995) อุณหภูมิของทวีปแอนตาร์กติกาเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส น้ำแข็งกำลังละลายมากขึ้น อย่างไรก็ตามการที่มหาสมุทรมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะขยายปริมาตรในส่วนใกล้ผิวหน้าที่เรียกว่า Steric Effect น้ำจะรุกเข้าไปในแผ่นดิน ทั้งนี้นักวิทยาศาสตร์ได้คำนวณไว้ว่าถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น 1.5-4.5 องศาเซลเซียส การขยายตัวของผิวน้ำ และการละลายของน้ำแข็งจะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 20-140 ซม. ในปี 2573 ซึ่งเป็นการคาดการณ์ว่าน้ำในมหาสมุทรจะต้องขยายตัวเป็นอย่างมาก และมีการละลายของน้ำแข็งขั้วโลกอย่างรวดเร็ว ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณกึ่งกลางของพิสัยนี้ ระดับน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นประมาณ 80 ซม. ซึ่งจะเกิดปัญหาการท่วมพื้นที่ชายฝั่งที่ไม่ได้ทำการป้องกันเรื่องนี้เอาไว้ ประชากรของโลกประมาณหนึ่งในสามอาศัยอยู่ภายในระยะ 60 กิโลเมตรจากชายฝั่ง การยกตัวของน้ำทะเลแม้แต่เพียงครึ่งเมตร จะทำให้ประชากรจำนวนมากต้องอพยพ จะเกิดปัญหาสังคมและจิตวิทยามากขึ้น เมืองสำคัญและท่าเรือจำนวนมากจะจมอยู่ใต้น้ำ เช่น บัวโนสไอเรส กัลกัตตา นิวยอร์ก มะนิลา โตเกียว กรุงเทพฯ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่ตั้งอยู่บนเกาะปะการัง เช่น ประเทศมอลดีฟ ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของมหาสมุทรอินเดีย เป็นประเทศหนึ่ง ที่กระตุ้นให้คนทั้งโลกให้ความสนใจเรื่องระดับน้ำทะเลมากยิ่งขึ้น และได้อพยพประชาชนให้พ้นจากน้ำทะเลท่วมแล้วจำนวน 4 เกาะ ประชาชนกลุ่มนี้จึงเป็นผู้อพยพทางนิเวศวิทยา (Ecological Refugee) กลุ่มแรกสุด

จากข้อมูลในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา ระดับน้ำทะเลของโลกสูงขึ้น 10 ถึง 15 ซม. ปัจจุบันกำลังสูงขึ้น 12 ม.ม. ต่อปี แต่ก็มีรายงานว่า บางพื้นที่มีระดับน้ำทะเลลดต่ำลงในขณะที่บางพื้นที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม เครื่องมือตรวจวัดไม่ได้กระจายอย่างทั่วถึง และมีผู้ประมาณการว่าในปี 2030 ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นรวม 15 ซม. และจะสูงขึ้นถึง 1 เมตร ในปี 2090 (พ.ศ. 2633)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า พื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบหลายแห่ง เช่น ชายฝั่งด้านตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา และตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศเนเธอร์แลนด์ และตอนเหนือของประเทศเยอรมัน ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศอิตาลี ตะวันออกของประเทศอินเดีย ด้านใต้ของประเทศบังกลาเทศและที่อื่นๆ สำหรับชายฝั่งแอตแลนติกของประเทศสหรัฐนั้น สภาวิจัยสหรัฐระบุว่าเมื่อปี ค.ศ.1987 ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 30 ซม. นักวิทยาศาสตร์ทำนายว่าจะสูงขึ้นเป็น 40 ซม.

ถึง 1.5 เมตรก่อนปี 2085 และจะขึ้นถึง 7 เมตรในศตวรรษหน้า ทั้งนี้หากสูงขึ้น 5 เมตร ก็จะมีผลกระทบ ต่อประชากรถึง 40% ของรัฐฟลอริดา ไมอามี เซนต์ปีเตอर्सเบิร์ก และแจ็ก สันวิลล์ จะจมอยู่ใต้น้ำ ส่วนที่รัฐหลุยส์เซียน่า ซึ่งตั้งอยู่บนดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำมิสซิสซิปปี จะจมลง 70 ตาราง กิโลเมตรต่อปี มากกว่าทุกแห่งบนโลก (Chamber.1993) และพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกบริเวณ ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำไนล์ อาจจะมีน้ำท่วมถึง 1 ใน 5 ซึ่งจะมีผลต่อประชากรและการผลิต อาหาร ประมาณ 1 ใน 5 ของประเทศเช่นกัน ส่วนที่ประเทศบังคลาเทศหากน้ำทะเลสูงขึ้น 50 ซม. และ 2-2.5 เมตร จะเกิดแนวชายฝั่งใหม่รุกเข้าไปในแผ่นดินได้มาก เพราะตั้งอยู่บริเวณปากแม่น้ำที่ เป็นที่ลุ่มต่ำ

5. ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม

ปรากฏการณ์เรือนกระจกของโลกที่กำลังเกิดขึ้น จะต้องสะท้อนกลับมายังมนุษย์ ก่อให้

เกิดผลกระทบต่อชีวิต และความเป็นอยู่ของมนุษย์ โดยเพิ่มระดับความรุนแรงตามสภาวะการณ์ที่ สะสมเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ หากปริมาณก๊าซเรือนกระจกยังเพิ่มขึ้นในอัตราปัจจุบันซึ่งพอจะสรุปผลกระทบ ได้ดังต่อไปนี้ คือ

5.1 อากาศในตัวเมืองร้อนยิ่งขึ้น ทำให้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศมากขึ้น และจะก่อ ปัญหาต่อไปจากการรั่วไหลของสาร CFC-12 แม้จะไม่ได้เดินเครื่อง โดยปกติในเมืองจะมีอุณหภูมิสูง กว่าชานเมืองและชนบท ที่เรียกว่า Urban Heat Island เนื่องจาก คอนกรีต ยางแอสฟัลท์ และอื่นๆดูด กลืนความร้อนมากกว่าวัสดุในชนบท นอกจากนี้ในเมืองไม่มีน้ำที่จะระเหยลดความร้อน มีสิ่งกีดขวาง ทางลม และที่สำคัญที่สุดคือ การเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลในอาคาร โรงงานและรถยนต์ ดังนั้นในตัวเมือง จะได้รับผลจากปรากฏการณ์เรือนกระจกอย่างรุนแรงยิ่งขึ้น (Mcknight.1990)

5.2 ผลผลิตทางการเกษตรราคาคงต่ำทั่วโลก ทำให้รายได้ของฟาร์มตกต่ำ เนื่องจากผล ผลิตด้านนี้ในประเทศที่มีกำลังซื้อและความต้องการสูงสามารถผลิตผลผลิตเองได้จนมากเกินความ ต้องการภายในประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา กลุ่มตลาดร่วมและญี่ปุ่น และมีผลต่อรูปแบบการค้าของ โลกและการเปลี่ยนแปลงสินค้าการเกษตรของแต่ละภูมิภาค

5.3 มีความต้องการปุ๋ยมากขึ้น และปุ๋ยมีราคาแพงเพราะพืชเจริญเติบโตเร็วทำให้ดินจืด ต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้นในขณะที่ปุ๋ยมีราคาแพงขึ้น จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อาชีพเกษตรกรจะก่อ ปัญหาทางสังคม เช่น การเรียกร้องให้รัฐอุดหนุนสินค้าเกษตร ให้ยกระดับราคาสูงขึ้น ให้รัฐลดราคาปุ๋ย หรือปัจจัยการผลิตอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ยังต้องใช้ยาฆ่าแมลงมากขึ้น เพราะแมลง ศัตรูพืชรบกวนเพราะอากาศอุ่นในฤดูหนาว ดังตาราง หากอุณหภูมิสูงขึ้น 4 องศาเซลเซียส พืชจะ ได้รับความเสียหายซึ่งอาจสูงถึง 15% (Parry and Swaminathan. 1993)

ตาราง 6 เปรียบเทียบชนิดศัตรูพืชในเขตอบอุ่น และเขตร้อน

ชนิดพืช	ชนิดศัตรูพืช	
	ในเขตอบอุ่น	ในเขตร้อน
ข้าว	54	500-600
ข้าวโพด	85	125
มะนาว	50	248
มะเขือเทศ	32	278
ถั่ว	52	250-280

ที่มา : ภิรมย์ อ่อนแสง . 2538 : 55.

5.4 ลดการจ้างงานภาคเกษตรกรรมเพื่อลดต้นทุนการผลิตทำให้ผู้รับจ้างแรงงานภาคเกษตรกรรมมีรายได้น้อยลงจากที่เป็นกลุ่มที่มีรายได้น้อยที่สุดในภาคการเกษตรอยู่แล้ว

5.5 ผลกระทบต่อการซื้อขายสินค้าการเกษตรล่วงหน้า (Commodities) เนื่องจากผลผลิตของพืชบางชนิดจะตกต่ำลง เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ซึ่งประเทศที่เป็นกลุ่มตลาดหลักมีการผลิตผลผลิตทางการเกษตรเอง

5.6 เกิดสภาวะขาดแคลนอาหารในกลุ่มประเทศยากจน เนื่องจากการขยายตัวของทะเลทรายเข้าไปสู่บริเวณประเทศขอบทะเลทราย (Marginal Land) และเกิดปัญหาสังคมในระดับท้องถิ่นจนถึงระดับชาติ

5.7 การเพาะเลี้ยงประมงชายฝั่งได้รับผลกระทบจากการรุกของน้ำทะเล เนื่องจากผลกระทบจากอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น จนรุกล้ำชายฝั่งที่มีสภาพไม่เหมาะสมทำให้พื้นที่เพาะเลี้ยงน้อยลง

5.8 เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วง (Dry Spell or Drought Period) ยาวนานขึ้น ซึ่งหากมีความรุนแรงมาก คือ มีฝนทิ้งช่วงนานจะมีผลเสียต่อพืชผลทางการเกษตร และพื้นที่ทำการเกษตรจะ

เลื่อนขึ้นไปทางเหนือเช่น ในสหรัฐอเมริกา ขณะที่ทางใต้จะมีที่รกร้างมากขึ้นเพราะความแห้งแล้ง จะเป็นผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม หากไม่มีการวางแผนที่ดี

5.9 การวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมระยะยาวเกิดการผิดพลาด เช่น การวางแผนทรัพยากรน้ำโดยการสร้างเขื่อน และอ่างเก็บน้ำ แต่อายุการใช้งานสั้นกว่าที่คาดการณ์ไว้เนื่องจากความแห้งแล้ง และอัตราการระเหยของน้ำเพิ่มสูงขึ้น

5.10 ผลกระทบด้านการท่องเที่ยว ชายหาดที่มีชื่อเสียงอาจจมอยู่ใต้ทะเลตลอดเวลา และการที่อากาศร้อนขึ้น นักท่องเที่ยวจากประเทศในเขตอบอุ่น เดินทางมาเที่ยวในเขตร้อนน้อยลง หรือระยะเวลาการท่องเที่ยวสั้นลง เนื่องจากฤดูการที่มีนักท่องเที่ยวของคนกลุ่มนี้มาก คือ ช่วงฤดูหนาวของเขตร้อน

5.11 ด้านอุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ ต้องดำเนินการหาสารเคมีที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมโดยเร็ว เพื่อการผลิตสินค้าที่ใช้สารทำความเย็นที่ไม่ถูกควบคุม และสามารถแข่งขันได้ในตลาดการค้า และเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีแบบเดิม เนื่องจากจะต้องมีราคาแพงขึ้น และหาได้ยาก และในกรณีที่มีการขาดแคลนมากอาจจะต้องทิ้งอุปกรณ์เหล่านี้ก่อนเวลาอันควรจะทำให้สูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล

5.12 ต้องลงทุนด้านการป้องกันน้ำท่วมเมืองสำคัญหลายแห่ง มีการประเมินกันว่าหากน้ำทะเลสูงขึ้น 1 เมตร การลงทุนด้านการป้องกันชายฝั่งตะวันตกของสหรัฐอเมริกาต้องใช้งบประมาณ กว่า 2,500 พันล้านบาท หรือประเทศเนเธอร์แลนด์ก็ได้ใช้งบประมาณหลายหมื่นล้านบาทเพื่อเสริมคันกันน้ำทะเล

5.13 จะต้องจัดหาแหล่งน้ำจืดผิวดินเพิ่มขึ้น ทดแทนน้ำใต้ดินที่กลายเป็นน้ำเค็มซึ่งใช้อุปโภคบริโภคไม่ได้ และอาจจะเกิดปัญหาสังคมในด้านการจัดสรรน้ำและสิทธิการใช้น้ำในระดับท้องถิ่น

5.14 มีผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศ ทำให้เกิดการหยุดชะงัก เพราะการพัฒนาประเทศต้องใช้น้ำเป็นปัจจัยสำคัญ จากตาราง 7 จะเห็นว่าเกือบทุกประเทศต้องลดการใช้น้ำต่อหัวของประชากรลง จากปี ค.ศ.1990 ถึง 2025

5.15 เป็นสาเหตุความขัดแย้งระหว่างประเทศ เนื่องจากน้ำเพราะทรัพยากรน้ำมีน้อยลง ต้องแบ่งสรรในระดับชาติ ซึ่งจะสัมพันธ์กับพลังอำนาจทางการเมือง และการทหาร เช่น กรณีแม่น้ำไนล์พบว่า ในอียิปต์ใช้น้ำร้อยละ 97 จากแม่น้ำสายนี้ แต่มากกว่าร้อยละ 95 ของน้ำไหลมาจากนอกประเทศ คือ อีก 8 ประเทศ กระทั่งรัฐมนตรีต่างประเทศอียิปต์ได้กล่าวไว้เมื่อปี 1985 ว่า สงครามครั้งต่อไปในย่านนี้จะเกิดจากปัญหาแม่น้ำไนล์มิใช่การเมือง เมื่ออากาศเปลี่ยนแปลงประเทศต้นน้ำเกิดการแย่งใช้ ทางแก้ปัญหาของประเทศเหล่านี้ก็เหลือเพียงการเจรจาหาข้อตกลงเท่านั้น ซึ่ง

แสดงให้เห็นสัดส่วนการพึ่งพาน้ำจากนอกประเทศ หากประเทศใดมีอัตราส่วนน้ำภายนอกประเทศกับน้ำภายในประเทศมากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของความต้องการน้ำของประเทศ ต้องได้รับแรงกดดันทางการเมืองภายนอกประเทศและทำให้ประเทศมีเสถียรภาพลดลง

ตาราง 7 ปริมาณการใช้น้ำต่อหัวประชากรเปรียบเทียบปี ค.ศ.1990 และ 2025 (ล.บ.เมตร/คน/ปี)

ทวีป/ประเทศ		ปี ค.ศ. 1990	ปี ค.ศ. 2025
แอฟริกา	แอลจีเรีย	750	380
	อียิปต์	1070	620
	เอริโอเปีย	2360	980
	เคนยา	590	190
	ลิเบีย	160	60
แอฟริกา	ไนจีเรีย	2660	1000
	โซมาเลีย	1510	610
	สหภาพแอฟริกาใต้	1420	790
	ตูนิเซีย	530	330
เอเชีย	อิหร่าน	2080	960
	อิสราเอล	470	310
	จอร์แดน	260	80
	คูเวต	<10	<10
	เลบานอน	1600	960
	โอมาน	1330	470

ตาราง 7 (ต่อ)

ทวีป/ประเทศ		ปี ค.ศ. 1990	ปี ค.ศ. 2025
เอเชีย	ซาอุดีอาระเบีย	160	50
	สิงคโปร์	220	190

ที่มา : ภิรมย์ อ่อนแสง. 2538 : 57.

5.16 มีการอพยพทางระบบนิเวศของประชากรชายฝั่งมากขึ้น เพราะว่าเกิดปัญหาที่ทำกิน ที่อยู่อาศัย การประกอบอาชีพใหม่ ซึ่งจะมีผลถึงการเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิตและวัฒนธรรมของประชากร

5.17 เกิดปัญหาด้านสุขภาพของประชากร และอัตราการตายของผู้สูงอายุและเด็กจากการแพร่ระบาดของเชื้อโรคเนื่องจากฝนชุกและน้ำท่วม

6. ผลกระทบจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และธีระ เกรอด (2538 : 99-103) ได้กล่าวถึงผลกระทบจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยแบ่งออกเป็นสามชนิดดังนี้ ส่วนแรกอัลตราไวโอเล็ต-ซี มีความยาวคลื่น 2,000-2,800 Å (200-280 นาโนเมตร) รังสีนี้เป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิต แต่ตามปกติก๊าซโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์สามารถดูดซับไว้ได้ทั้งหมด ส่วนอัลตราไวโอเล็ต-บี มีความยาว คลื่น 2,800-3,200 Å (280-320 นาโนเมตร) รังสีในช่วงนี้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตหลายชนิดเนื่องจากก๊าซโอโซนสามารถดูดซับไว้ได้บางส่วนเท่านั้น และรังสีในช่วงนี้ยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ตาและผิวหนัง กล่าวคือ ทำให้เกิดโรคต้อที่ตาและมะเร็งผิวหนัง นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและทำอันตรายต่อสาหร่ายจึงส่งผลถึงผลผลิตทางการประมงในท้ายที่สุดด้วย รังสีอัลตราไวโอเล็ต - เอ เป็นชนิดที่สามซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่า 3,200 Å (320 นาโนเมตร) ขึ้นไป โอโซนดูดซับเอาไว้ได้น้อยมาก รังสีในช่วงคลื่นนี้ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

6.1 ผลกระทบของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีต่อแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำ สามารถสังเคราะห์แสงได้โดยใช้รังสีช่วงที่มองเห็นได้เป็น

หลัก แพลงก์ตอนพืชเป็นต้นกำเนิดของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำเพราะเป็นอาหารของตัวอ่อนต่างๆ กลุ่มของสิ่งมีชีวิตประเภทนี้ประกอบไปด้วยสาหร่ายต่างๆ เช่น สาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไดอะตอม ไดโนแฟลตเจลเลต และสาหร่ายสีเขียวแกมเหลือง เป็นต้น ช่วงรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า $3,000 \text{ \AA}$ (300 นาโนเมตร) จะยับยั้งการสังเคราะห์แสง ของสาหร่ายสีเขียว เพราะโปรตีนและกรดนิวคลีอิกของสาหร่ายจะดูดซับรังสีคลื่นสั้นในช่วงนี้ไว้ ทำให้ปริมาณออกซิเจนซึ่งได้จากการสังเคราะห์แสงลดน้อยลง นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเลตยังทำลายโมเลกุลของดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งเป็นตัวถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จึงอาจทำให้เกิดการกลายพันธุ์ (Mutation) รังสีนี้มีผลต่อการเคลื่อนไหวของแพลงก์ตอนพืชได้ ทั้งในทางเร่งและเปลี่ยนไปเป็นการยับยั้งเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีขึ้น

6.2 ผลกระทบของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อพืช รังสีอัลตราไวโอเลตมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช รังสีเกินขนาดจะก่อให้เกิดปัญหา แต่มิใช่เนื่องจากการมีน้อยเกินไป รังสีที่มีความยาวคลื่น $2,540 \text{ \AA}$ ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของพืช ทำลายฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต ยับยั้งการออกของเมล็ดและพืชมีการเจริญเติบโตผิดปกติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโปรตีนและกรดนิวคลีอิกมีความสามารถในการดูดซับรังสีที่มีความยาวคลื่นใกล้เคียงกันนี้ได้มากที่สุด ดังนั้นจึงเกิดการทำลายดีเอ็นเอซึ่งมีผลต่อการกลายพันธุ์ดังกล่าวข้างต้น

พืชไวต่อรังสีเป็นอย่างมากในระหว่างการงอกของเมล็ด กล่าวคือ รังสีมีผลต่อเนื้อเยื่อที่ปลายรากของพืช หน่อและเนื้อเยื่อสืบพันธุ์ก็เป็นส่วนของพืชซึ่งไวต่อรังสีเช่นเดียวกัน ตามปกติแสงจะกระตุ้นให้ปากใบเปิดรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ ซึ่งพืชใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง แต่เมื่อเซลล์คุม (Guard Cell) รับรังสีปริมาณมากเกินไปจะเกิดอันตรายต่อเซลล์คุมจนวัตถุดิบไม่สามารถผ่านเข้าไปในใบได้ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง

6.3 ผลกระทบของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อสัตว์ การทำลายโมเลกุลดีเอ็นเอ เป็นผลกระทบที่รังสีอัลตราไวโอเลตมีต่อสัตว์ ถึงแม้ว่าคนที่ห่อหุ้มร่างกายจะช่วยลดอันตรายลงได้ อย่างไรก็ตามอวัยวะซึ่งขาดเม็ดสี (Melanin) เช่น เปลือกตา และอวัยวะสืบพันธุ์ จะเกิดโรคมะเร็งขึ้นได้ โดยเฉพาะในแกะและม้า และมะเร็งที่ตาก็เป็นโรคซึ่งเกิดต่อสัตว์ในฟาร์มได้ เมื่อได้รับรังสีนี้ในระยะยาวเช่นเดียวกันกับการเสริมอาการอักเสบเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียในวัวควาย

6.4 ผลกระทบของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อมนุษย์ การรับรังสีอัลตราไวโอเลต ในระยะเวลานานๆ มีผลอันตรายอย่างร้ายแรงต่อตา ทั้งนี้เพราะรังสีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าจะถูกเซลล์ของเยื่อบุชั้นนอกขอบตา (Conjunctiva) และกระจกตา (Cornea) ดูดซับเอารังสีไว้จนไม่ผ่านลงไปลึก ดังนั้นอันตรายจึงเกิดเฉพาะเซลล์ของสองส่วนนี้ ผลร้ายนี้ ได้แก่ การเกิดเนื้อติ่งหัวตา (Pterygium) มะเร็งที่เยื่อบุชั้นนอกของนัยน์ตา และต้อกระจก นอกจากนี้อาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งที่ผิวหนังได้ด้วยเช่นกัน

1.7 การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

ความรู้เกี่ยวกับการควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ได้มีผู้กล่าวถึงไว้ตรงกันหลายคน เช่น วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และธีระ เกรอด (2538 : 108-110) ; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2537. 338-340) และสมยศ รุ่งโรจน์วณิชย์ (2538 : 53-57) สรุปได้ดังนี้

ก๊าซหลายชนิดทำให้โลกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทั้งทางตรง และทางอ้อม แหล่งกำเนิดของก๊าซเหล่านี้มีอยู่ 5 ประเภท คือ

1. เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ป่าเป็นแหล่งผลิตมีเทนเดียวกับทุ่งนา ฝูงปศุสัตว์ และจอมปลวก ปฏิริยาจุลชีววิทยาในระบบนิเวศ และการเกิดฟ้าผ่าเป็นแหล่งผลิตก๊าซไนตรัสออกไซด์

2. เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากซากดึกดำบรรพ์ (Fossil Fuel) เพื่อใช้พลังงาน ทำให้เกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน และไอน้ำ เป็นต้น

3. เป็นผลต่อเนื่องจากมลพิษอื่น ๆ ปฏิริยาที่เกิดขึ้นในบรรยากาศเช่นปฏิริยาโฟโตเคมี คัลทำให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนเปลี่ยนแปลงออกซิเจนเป็นโอโซน เป็นต้น นอกจากนั้นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ยังเป็นตัวกำเนิดของสารประกอบ หมู่ไฮดรอกซิล (OH) และคลอรีนออกไซด์ โดยเกิดจากสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน

4. มนุษย์ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการอุตสาหกรรม เช่น สารประกอบคลอโรฟลูออโรคาร์บอน หรือฟรอน ที่ใช้ในการผลิตเครื่องทำความเย็น และผลิตภัณฑ์ในรูปของสเปรย์กระป๋อง เป็นต้น

5. เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตหรือกิจกรรมอื่นๆ เช่น ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จากเตาหลอมเหล็ก เป็นต้น

การควบคุมมลพิษที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเหล่านี้ สามารถทำได้เพียงสองทางเท่านั้น กล่าวคือ

ก. ควบคุมการใช้เชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษทั้งในทางตรงและทางอ้อม เช่น การลดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งเป็นมลพิษโดยตัวเองและเป็นเหตุให้เกิดมลพิษอื่นๆต่อไป แต่เป้าหมายสำคัญในการควบคุมการใช้เชื้อเพลิงนี้ เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเพิ่มมากขึ้น

ข. ควบคุมการผลิตที่ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ลดการผลิตสารประกอบต่างๆและหาสารทดแทน เช่น การใช้สารไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) แทนการใช้สารซีเอฟซีในเครื่องปรับอากาศ

นอกจากนี้ พิสูตร บรรดาศักดิ์ไพศาล (2539 :16-20) กล่าวถึงการแก้ไขปัญหามลพิษที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ไว้ดังนี้

1. ควบคุมการใช้เชื้อเพลิง เพื่อลดสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน ไม่ว่าจะเป็นเชื้อเพลิงตามบ้านเรือน โรงงานไฟฟ้า หรือโรงงานอุตสาหกรรม
2. ลดการผลิตสารบางตัวพร้อมทั้งหาสารทดแทน เช่น ในการประชุมที่กรุงเจนีวา ได้มีข้อตกลงร่วมกันที่จะควบคุมการผลิตและการใช้สาร CFC ทั่วโลก
3. รณรงค์ให้มีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงในโรงงานไฟฟ้า
4. รณรงค์ให้มีการปลูกป่าทดแทนและไม่ตัดไม้ทำลายป่า เนื่องจากพืชจะช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
5. พัฒนาเทคโนโลยีที่ก่อให้เกิดมลพิษน้อยที่สุด และใช้พลังงานจากธรรมชาติที่ใช้แล้วไม่หมดสิ้น เช่น พลังงานจากดวงอาทิตย์ พลังงานจากลม เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

โคอิชิ มิซึโนะ (Office of The National Environment.1992) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับสารที่ทำลายโอโซน การนำมาใช้ใหม่ และการทำลายสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ได้ผลสรุปดังนี้ ปัญหาเรื่องโอโซนและสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) สามารถแก้ไขได้โดยการควบคุมการระบายสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน และการหาสารอื่นมาใช้ทดแทน ในส่วนของสาร CFC ที่ระเหยออกมาสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ด้วยวิธีการดังนี้ (1) การทำให้เย็นลง (Cooling) (2) การดูดซับ (Adsorption) (3) การดูดซึม (Absorption) ซึ่งอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับวิธีการแต่ละวิธีนั้นมีการเผยแพร่และจำหน่ายในเชิงการค้าแล้ว

สาร CFC สามารถทำลายได้ด้วยเทคโนโลยีหลายประเภทเช่น (1) การเผาโดยใช้เตาเผา (Incineration) (2) การทำให้แตกตัวด้วยความร้อน (Pyrolysis) (3) การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalysis) (4) การใช้พลาสมา (Plasma) (5) กระบวนการทางเคมี เป็นต้น ในส่วนของการเปลี่ยนสาร CFC เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ขณะนี้กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา

ยูอิชิ ทาเคยูชิ (Office of The National Environment.1992) ได้ศึกษาถึงความเสี่ยงอันตรายเนื่องจากการลดลงของโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์ที่มีต่อพืชบก พบว่า โอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์จะช่วยกรองรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ และถ้าโอโซนถูกทำลายจะเป็นผลทำให้รังสีอัลตราไวโอเลต-บี (ความยาวคลื่น 290-320 นาโนเมตร) ผ่านเข้ามาสู่ผิวโลกได้มากขึ้น ผลกระทบต่อพืชและระบบนิเวศที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของรังสีอัลตราไวโอเลต-บี นั้นอาจสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต-บี จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืชลดลงในพืชที่ทำการศึกษามากกว่า 60%
2. จากการศึกษาในพืชกว่า 70 ชนิด พบว่า รังสีอัลตราไวโอเลต-บี จะทำให้พื้นที่ผิวของใบไม้ลดลงและในพืชที่ศึกษาจำนวนหนึ่งพบว่า รังสีอัลตราไวโอเลต-บี มีผลต่อน้ำหนักแห้งและต่อส่วนต่างๆ ของพืช
3. ถึงแม้ว่าจะมีความไม่แน่นอนเป็นอย่างมาก แต่แนวโน้มของข้อมูลจากการทดลองแสดงว่าผลผลิต ตลอดจนคุณภาพของผลผลิตจากพืชบางชนิดลดลง
4. ความไวของพืชต่อรังสีอัลตราไวโอเลต-บี จะแปรผันตามปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น น้ำ สารอาหาร อุณหภูมิ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
5. การเพิ่มปริมาณของรังสีอัลตราไวโอเลต-บี ทำให้ชนิดของพืชและสัดส่วนของพืชที่มีอยู่ในระบบนิเวศของโลกเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงในปัจจัยอื่นๆ ทั้งปัจจัยที่มีชีวิตและไม่มีชีวิตด้วย

ด้วยเหตุที่ข้อมูลจากผลการทดลองยังมีน้อยอยู่ ดังนั้นความเสี่ยงอันตรายที่แท้จริงเนื่องจากการลดลงของโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ที่มีต่อผลผลิตของพืช และระบบนิเวศของพืชบก อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าที่ความรู้เท่าที่คาดการณ์ไว้ในปัจจุบัน

โทโมยูกิ โอได (Office of The National Environment, 1992) ได้วิจัยถึงสภาพปัจจุบันของเครือข่ายงานด้านตรวจสอบชั้นโอโซน และการค้นพบทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการถูกทำลายของชั้นโอโซน พบว่าสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการถูกทำลายของโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์เป็นผลเนื่องมาจากอะตอมของคลอรีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสาร CFC การวิจัยได้กล่าวถึงสภาพปัจจุบันของเครือข่ายงานด้านการติดตามตรวจสอบชั้นโอโซน และการค้นพบทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการถูกทำลายของชั้นโอโซน ระบบการสังเกตการณ์โอโซนระดับโลก (The Global Ozone Observation System, GO3OS) ซึ่งมีบทบาทเป็นศูนย์กลางของระบบสังเกตการณ์ชั้นโอโซนของนานาชาติ และอยู่ภายใต้การดำเนินงานขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization - WMO) แห่งสหประชาชาติมีสถานีสังเกตการณ์ภาคพื้นดินทั่วโลกประมาณ 140 แห่ง ทำการตรวจสอบระดับของโอโซนของสถานีเหล่านี้ใช้เครื่องมือ Spectrophotometers และ/หรือการใช้บอลลูนตรวจสอบอากาศซึ่งบรรทุกเครื่องมือการตรวจวัดโอโซนขึ้นไปด้วย นอกจากนี้การสังเกตการณ์จากดาวเทียมก็เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เมื่อได้นำข้อมูลมาประกอบการพิจารณา ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากสถานีภาคพื้นดิน โดยธรรมชาติแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโอโซนทั้งหมดประมาณ 50% ตามสภาพภูมิศาสตร์และฤดูกาล คือ โอโซนจะมีค่าต่ำที่ละติจูดต่ำ และโอโซนมีค่าสูงที่ละติจูดสูง และจะมีค่าสูงขึ้นในฤดูใบไม้ผลิและมีค่าต่ำในฤดูใบไม้ร่วง การเกิดช่องโหว่ของชั้นโอโซนบริเวณเหนือทวีปแอนตาร์กติกา ซึ่งทั้งหมดเป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่เกิดจากการถูกทำลายของชั้นโอโซน ซึ่งจะเกิดขึ้นในทุกฤดูใบไม้ผลิ ทางทั่วโลกได้ตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 เป็นต้นมา

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดที่จะนำผลการวิจัยมาเพิ่มเติมเป็นเนื้อหาของบทเรียน เพื่อใช้ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI ซึ่งย่อมาจากภาษาอังกฤษว่า Computer Assisted Instruction หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเนื้อหาวิชาและลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ คอมพิวเตอร์จะช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบมาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสม สำหรับผู้เรียนแต่ละคน (ยีน กูว์รเวอร์ธ. 2528 : 1) นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้คล้ายคลึงกันดังนี้

ผดุง อารยะวิญญู (2527 : 41-42) ให้ความหมายไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึงการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ มาใช้เป็นเครื่องช่วยผู้สอนในการเรียนการสอน โปรแกรมสำหรับการเรียนการสอนมักบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งที่จะสอน แต่แทนที่ผู้สอนจะสอนเนื้อหาวิชาด้วยตนเอง ผู้สอนก็บรรจุเนื้อหาเหล่านั้นไว้ในโปรแกรมและผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นผู้ถ่ายทอดวิชาแทนผู้สอน

ชนิษฐา ชานนท์ (2532 : 8) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน โดยที่ใช้เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด และการทดสอบจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนจะเรียนบทเรียนจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะเสนอเนื้อหาวิชาทั้งในรูปแบบตัวหนังสือ และภาพกราฟิก ตลอดจนถามคำถาม รับคำตอบจากผู้เรียน ตรวจสอบและแสดงผลการเรียนในรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้แก่ผู้เรียนได้

ทักษิณา สวานนท์ (2529 : 56) ได้ให้ความหมายไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนบททวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล

จากความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังกล่าวสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำเครื่องคอมพิวเตอร์ มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงโปรแกรมบทเรียนที่สร้างขึ้น ซึ่งการนำเสนอเนื้อหาจะอยู่ในรูปของตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียงประกอบ โดยที่ผู้เรียนสามารถโต้ตอบ ตรวจสอบ และให้เครื่องแสดงผลการเรียนของผู้เรียนได้

นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังมีชื่อเรียกที่เป็นภาษาอังกฤษแตกต่างกันออกไปอีกหลายชื่อ ได้แก่ (ชนิษฐา ชานนท์. 2532 : 8 ; ยีน กูว์รเวอร์ธ. 2531 : 121 ; อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 5)

Computer Assisted Instruction (CAI)
 Computer Assisted Learning (CAL)
 Computer Aided Instruction (CAI)
 Computer Based Instruction (CBI)
 Computer Based Learning (CBL)
 แต่ชื่อที่นิยมเรียกใช้ คือ Computer Assisted Instruction ซึ่งนิยมเรียกกันย่อๆ ว่า CAI

2.2 คุณลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2541 : 8-11) ได้กล่าวถึง คุณลักษณะที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 4 ประการ ได้แก่

1. สารสนเทศ (Information)

สารสนเทศในที่นี้หมายถึง เนื้อหาสาระ (Content) ที่ได้รับการเรียบเรียงแล้วเป็นอย่างดีซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือได้รับทักษะอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่ผู้สร้างกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ โดยการนำเสนอเนื้อหานี้อาจจะเป็นการนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นลักษณะในทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ ตัวอย่างการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางตรงได้แก่ การนำเสนอเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ได้ใช้ได้รับเนื้อหาสาระและทักษะต่างๆ อย่างตรงไปตรงมาจากการอ่าน การจำ ทำความเข้าใจ และฝึกฝน ตัวอย่างการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางอ้อมได้แก่ การนำเสนอเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกมซึ่งเนื้อหาสาระหรือทักษะที่ผู้เรียนได้รับจะถูกแฝงเอาไว้ในรูปแบบของเกมนานาชนิด เพื่อให้ผู้ใช้ได้ฝึกทักษะทางการคิดการจำ การสำรวจสิ่งต่างๆ รอบตัว และเพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนานเพลิดเพลินและจูงใจให้ผู้ใช้มีความต้องการที่จะเรียนมากขึ้น

สารสนเทศเป็นคุณลักษณะสำคัญประการหนึ่งของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ช่วยแยกความแตกต่างระหว่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม ออกจากซอฟต์แวร์เกมซึ่งมุ่งเน้นเฉพาะด้านความบันเทิงและความเพลิดเพลินของผู้ใช้โดยไม่ได้คำนึงถึงการให้ความรู้หรือทักษะแก่ผู้เรียนแต่อย่างใด (บางโปรแกรมถึงกับใช้เรื่องราวที่สะท้อนภาพการต่อสู้และความรุนแรงเป็นส่วนประกอบสำคัญของเกม) เช่น ซอฟต์แวร์เกมสตรีท ไฟท์เตอร์ (Street Fighter) เป็นต้น อย่างไรก็ตามซอฟต์แวร์เกมบางชิ้นก็อาจจัดเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทหนึ่งได้แต่ทั้งนี้เกมเหล่านั้นจะต้องมีคุณลักษณะสำคัญกล่าวคือ จะต้องมีความหมายหรือวัตถุประสงค์ในการที่จะนำเสนอเนื้อหาสาระความรู้หรือทักษะอย่างใดอย่างหนึ่งแก่ผู้เรียน

2. ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individualise)

การตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล คือลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บุคคลแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันทางการเรียนรู้ ซึ่งเกิดจากบุคลิกภาพ สติปัญญา ความสนใจพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกันออกไป บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งเป็นสื่อการเรียนการสอน

รายบุคคลประเภทหนึ่ง จึงต้องได้รับการออกแบบให้มีลักษณะที่สนองต่อความแตกต่างส่วนบุคคลให้มากที่สุดกล่าวคือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอที่ผู้เรียนจะมีอิสระในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง รวมทั้งการเลือกรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับตนได้ การควบคุมการเรียนรู้ของตนเองนี้ก็มีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน ลักษณะสำคัญๆได้แก่

2.1 การควบคุมเนื้อหา การเลือกที่จะเรียนส่วนใดข้ามส่วนใด ออกจากบทเรียนเมื่อใด หรือย้อนกลับมาเรียนในส่วนที่ยังไม่ได้ศึกษา เช่น มีเมนูหรือรายการที่แยกเนื้อหาตามหัวข้ออย่างชัดเจนหรือปุ่มควบคุมต่างๆในการสืบค้นไป (Navigate) ในบทเรียน

การควบคุมลำดับของการเรียน การเลือกที่จะเรียนส่วนใด ก่อนหลังหรือการสร้างลำดับการเรียนรู้ด้วยตัวเอง เช่น ในลักษณะการเรียนรู้เนื้อหาแบบโยงใยหรือสื่อหลายมิติ (Hypermedia) ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบัน (ซึ่งอาจอยู่ในรูปของส่วนของการเชื่อมโยงแบบฮอตเวิร์ด (Hotword) หรือข้อความหลายมิติ (Hypertext) ก็ได้) ซึ่งผู้เรียนสามารถกดเลือกข้อมูลที่ต้องการเรียนตามความสนใจ ความถนัดหรือตามพื้นฐานความรู้ของตนได้

2.2 การควบคุมการฝึกปฏิบัติ หรือการทดสอบความต้องการที่จะฝึกปฏิบัติหรือทำแบบทดสอบหรือไม่ หากจะทำมากน้อยเพียงใด เช่น การมีปุ่มควบคุมต่างๆ จัดหาไว้ทุกหน้าที่จำเป็น เช่น ปุ่มเลิกทำ ปุ่มกลับไปหน้าหลัก เป็นต้น

นอกจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์แบบ อาจที่จะต้องมีการนำระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) หรือระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ตอบสนองต่อความแตกต่างของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การจัดเสนอเนื้อหา (หรือแบบฝึกหัด) ในระดับความยากง่ายที่ตรงกับพื้นฐานความสามารถและความสนใจของผู้เรียน เป็นต้น

3. การโต้ตอบ (Interaction)

การโต้ตอบ (Interaction) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รูปแบบที่ดีที่สุดก็คือ การเรียนการสอนในลักษณะที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนได้มากที่สุด นอกจากนี้การที่มนุษย์สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นหาใช่เกิดจากการสังเกตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากจะต้องมีการโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์ โดยเฉพาะการปฏิสัมพันธ์กับผู้สอน ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการออกแบบมาอย่างดีจะต้องเอื้ออำนวยให้เกิดการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างต่อเนื่องและตลอดทั้งบทเรียน การอนุญาตให้ผู้เรียนใช้เพียงแต่การคลิกเปลี่ยนหน้าจอไปเรื่อยๆ ที่ละหน้านั้นไม่ถือว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ที่ดีสำหรับการเรียนรู้

อย่างไรก็ดีมีซอฟต์แวร์มากมายที่โฆษณาตนเองว่าเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แต่เมื่อเปิดใช้กันจริงๆ แล้ว ไม่น่าจะเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้เลยทั้งก็เพราะผู้สร้างไม่นำคุณลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในส่วนของปฏิสัมพันธ์นี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบซอฟต์แวร์ทางการศึกษาที่ได้รับการออกแบบให้ผู้ใช้งานคลิกเปลี่ยนหน้าไปเรื่อยๆ นั้นไม่ถือว่าเป็นการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนที่มีความหมาย การที่จะทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ผู้สร้างซอฟต์แวร์จำเป็นต้องใช้เวลาในส่วนของ การสร้างความคิด วิเคราะห์ และสร้างสรรค์เพื่อให้ได้มาซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ (Activity) หรืองาน (Task) ที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกับบทเรียน และเอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

4. การให้ผลป้อนกลับโดยทันที (Intermediate Feedback)

ลักษณะที่ขาดไม่ได้อีกประการหนึ่งของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ การให้ผลย้อนกลับทันทีตามแนวคิดของสกินเนอร์ (Skinner) แล้ว ผลป้อนกลับหรือการให้คำตอบนี้เป็นการเสริมแรง (Reinforcement) อย่างหนึ่ง การให้ผลย้อนกลับแก่ผู้เรียนในทันทีหมายรวมไปถึงการที่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์ จะต้องมีการทดสอบและประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในเนื้อหาหรือทักษะต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ด้วย ซึ่งการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนเป็นวิธีที่อนุญาตให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบผลการเรียนของตนได้ ทั้งนี้มีงานวิจัยหลายชิ้นซึ่งสนับสนุนว่าการให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนได้เป็นอย่างดี ความสามารถในการให้ผลป้อนกลับโดยทันที ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เองที่ถือได้ว่าเป็นจุดเน้นหรือข้อได้เปรียบประการสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับสื่อประเภทอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นสื่อสิ่งพิมพ์หรือสื่อโสตทัศนวัสดุแล้ว เนื่องจากสื่ออื่น ๆ นั้นไม่สามารถที่จะประเมินผลการเรียนของผู้เรียนพร้อมกับการให้ผลป้อนกลับโดยทันทีเช่นเดียวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

อเลสซีและทรอลิป (ผดุง อารยะวิญญู. 2527 : 5-7 : อ้างอิงมาจาก Alessie and Trolip. 1985) ขนิษฐา ชานนท์ (2532 : 9-10) อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์ (2530 : 6-7) และชัชชัย งามสันติวงศ์ (2540 : 17-20) ได้จำแนกลักษณะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้เป็นแนวทางเดียวกัน ซึ่งโดยทั่วไปสามารถจำแนกได้ตามนี้

1. แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorials)
2. แบบฝึกทบทวน (Drill and Practice)
3. แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)
4. แบบเกมการสอน (Instructionnal Games)
5. แบบใช้ทดสอบ (Test)
6. แบบการสาธิต (Demonstration)

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบศึกษาเนื้อหาใหม่

บทเรียนประเภทแรกนี้ เป็นรูปแบบของบทเรียนช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีผู้พัฒนาขึ้นมากที่สุด ประมาณกันว่ามากกว่า 80 % ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วโลกจะเป็นประเภทนี้ ซึ่งเป็นการสอนเนื้อหาให้แก่ผู้เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์เป็นเหมือนผู้สอนสอนผู้เรียนเป็นรายบุคคล บทเรียนจะต้องดำเนินตามขั้นตอนการสอนหน่วยหนึ่งๆ เหมือนผู้สอนสอนหนังสือในห้องเรียน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับบทเรียนสำเร็จรูป โดยจัดเนื้อหาเป็นระบบและเรียงต่อเนื่องกันไปผู้เรียนจะศึกษาตามลำดับที่โปรแกรมไว้ มีการแทรกคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนแล้วแสดงผลย้อนกลับ

(Feedback) ตลอดจนการเสริมแรง (Reinforcement) และยังสามารถให้ผู้เรียนย้อนกลับไปบทเรียนเดิมหรือข้ามบทเรียนที่ผู้เรียนรู้แล้วไปได้ด้วย นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับผู้เรียนและผลการเรียนได้อีกด้วย

โครงสร้างของบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาใหม่นี้ ประกอบด้วย 8 ส่วนย่อย ดังนี้

- 1) การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)
- 2) การเสนอเนื้อหา (Presentation and Information)
- 3) การถาม-การตอบ (Question and Response)
- 4) การตรวจคำตอบ (Judge Response)
- 5) แจ้งผลคำตอบย้อนกลับให้ทราบ (Providing Feedback about Response)
- 6) เสริมความรู้เพิ่มเติม (Remediation)
- 7) ลำดับการเรียนรู้บทเรียน (Sequencing Lesson Segment)
- 8) จบบทเรียน (Closing)

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกทบทวน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบนี้ เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่มีผู้พัฒนาขึ้นมากรองลงมา จากประเภทแรก ออกแบบขึ้นเพื่อฝึกทบทวนความรู้ที่ได้เรียนไปแล้ว ส่วนใหญ่จะใช้เสริมการสอน และให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดเป็นการวัด ความเข้าใจ ทบทวน และช่วยเพิ่มพูนความรู้ความชำนาญ ส่วนมากจะเป็นบทเรียน ด้านภาษา คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะของเนื้อหาจะเน้น ด้านความรู้ (Knowledge) เป็นส่วนมากจึงไม่เน้นส่วนประกอบหลักๆ ของการเรียนรู้ ที่จะต้องมีองค์ประกอบหลายด้าน เช่น การนำเสนออย่างเป็นระบบตามลำดับขั้น การเสริมแรง การตรวจปรับเนื้อหา สื่อ การเรียนการสอนกิจกรรมการเรียนการสอนอื่น ๆ แต่จะเน้นเฉพาะที่แบบฝึกหัด หรือแบบฝึกทบทวนความรู้เนื้อหามากกว่า ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้จึงมักจะต้องใช้ควบคู่กับ กิจกรรมอย่างอื่น เช่น ใช้ควบคู่กับการเรียนการสอนปกติภายในห้องเรียน การให้แบบฝึกหัดเพิ่มเติมในการเรียนเสริม เป็นต้น ลักษณะของแบบฝึกหัดที่นิยมมาก คือ แบบจับคู่ แบบถูกผิด และแบบเลือกคำตอบ

โครงสร้างของบทเรียนแบบฝึกปฏิบัติประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 6 ส่วน ดังนี้

- 1) การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)
- 2) การเลือกข้อคำถาม (Select Item)
- 3) การถาม-การตอบ (Question and Response)
- 4) การตรวจคำตอบ (Judge Response)
- 5) การแจ้งผลคำตอบ (Feedback)
- 6) จบบทเรียน (Closing)

3. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสร้างสถานการณ์จำลอง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบนี้จะออกแบบเพื่อใช้สอนเนื้อหาใหม่ หรือใช้เพื่อฝึก ทบทวนหรือสอนเสริม ในสิ่งที่ศึกษาหรือทดลองไปแล้วโดยเน้นรูปแบบการสร้างสถานการณ์ การ จำลองสถานการณ์จริง ลำดับขั้นเหตุการณ์ต่างๆ และเนื้อหาอื่นๆ ที่มีการลำดับเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โดยเป็นสิ่งที่เข้าใจได้ยาก ไม่สามารถมองเห็นได้ ต้องอาศัยการจินตนาการช่วย เนื้อหาซับซ้อน หรืออันตรายที่จะไปศึกษาจากเหตุการณ์จริง ดังอย่างเช่น อวัยวะภายในร่างกายมนุษย์ โครงสร้างของอะตอม การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี หลักการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า และอื่น ๆ ซึ่งไม่ได้จำกัดเฉพาะทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ในทางธุรกิจสังคมก็สามารถประยุกต์ได้ เช่น การสร้างสถานการณ์ซื้อขายเพื่อเรียนรู้ หรือทบทวนการบวก ลบ คูณ หาร การสร้างสถานการณ์ในรูปแบบของบทบาทสมมติ (Role Play) เพื่อสอนหรือทบทวนเรื่องธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้มีจำนวนน้อยมาก เนื่องจากความยากในการออกแบบ ทั้งนี้เนื่องจาก ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีพื้นความรู้เรื่องที่ทําอย่างดี สามารถจำแนกเป็นลำดับขั้นการเปลี่ยนแปลงได้ อีกทั้งอาจจะต้องใช้คณิตศาสตร์ขั้นสูง เพื่อเปลี่ยนแปลงเนื้อหาแต่ละส่วนนั้น ให้สามารถนำเสนอในรูปแบบที่ง่ายขึ้น เช่น แสดงเป็นกราฟ

โครงสร้างของบทเรียนแบบสถานการณ์จำลองประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยๆ 6 ส่วน ดังนี้

- 1) การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)
- 2) การเสนอสถานการณ์สู่จอแสดงผล (Present Scenario)
- 3) ปฏิบัติการกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบสนอง (Action Required)
- 4) ผู้เรียนแสดงปฏิกิริยาตอบสนอง (Student Acts)
- 5) ระบบปรับเปลี่ยนตามปฏิกิริยาที่แสดงออกของผู้เรียน (System Updates)
- 6) จบบทเรียน (Closing)

4. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้พัฒนาแนวคิด และทฤษฎีทางด้านการเสริมแรง บนพื้นฐานการค้นพบว่า ความต้องการในการเรียนรู้เกิดจากแรงจูงใจภายใน เช่น ความสนุกสนานจะให้ผลต่อการเรียนรู้และความคงทนในการจำดีกว่าการเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจภายนอก วัตถุประสงค์ของบทเรียนประเภทนี้สร้างเพื่อฝึก ทบทวนเนื้อหาแนวคิด และทักษะที่ได้เรียนไปแล้ว คล้ายกับแบบฝึกทบทวน แต่เปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอให้สนุกสนานตื่นเต้นขึ้น โดยยึดหลักว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอนที่ดีต้องท้าทายกระตุ้นจินตนาการเพื่อฝึก และกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอนเหมาะสำหรับผู้เรียนในระดับอนุบาลหรือประถมมากกว่าระดับมัธยม ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนระดับอนุบาล และประถมจำเป็นต้องใช้การกระตุ้นด้วยสีสัน แสง เสียง ที่ก่อให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น จึงเหมาะสำหรับเนื้อหาต่างๆ ไป เช่น เกมคำ

ศัพท์ภาษาอังกฤษ เกมทายตัวเลข เป็นต้น ส่วนในระดับการศึกษาที่สูงขึ้นจะมุ่งที่ความเพลิดเพลินเป็นหลัก เช่น เกมไฟ เป็นต้น

โครงสร้างของบทเรียนแบบเกมการสอน ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 7 ส่วน ดังนี้

- 1) การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)
- 2) การเสนอบทเรียนสู่จอภาพ (Present Scenario)
- 3) ปฏิบัติการกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบสนอง (Action Required)
- 4) ผู้เรียนแสดงปฏิกิริยาตอบสนอง (Student Acts)
- 5) ปฏิบัติการของคู่แข่งขัน (Opponent Reacts)
- 6) ระบบที่ปรับเปลี่ยนตามปฏิกิริยาของผู้เรียน (System Updates)
- 7) จบบทเรียน (Closing)

5. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบใช้ทดสอบ

บทเรียนช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์แบบใช้ทดสอบนี้ เป็นรูปแบบที่สร้างง่ายกว่าแบบอื่น โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อทดสอบความรู้ความสามารถของผู้เรียน การสอบดังกล่าวอาจจะเป็นการสอบก่อนเรียน (Pre - Test) หรือหลังการเรียน (Post - Test) หรือทั้งก่อนและหลังการเรียนแล้ว แต่การออกแบบ หากเป็นโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้น ข้อสอบต่างๆ อาจถูกเก็บในรูปแบบของคลังข้อสอบ (Item Bank) เพื่อสะดวกต่อการสุ่มมาใช้ก็ได้ ลักษณะของข้อสอบดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปแบบที่บทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถประเมินถูก - ผิดได้ เช่น แบบเลือกตอบ (Multiple Choices) หรือแบบถูก-ผิด (True - False) การตั้งคำถาม อาจผสมผสานวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสร้างสถานการณ์จำลองเข้ามารวมด้วยก็ได้

โครงสร้างของบทเรียนแบบทดสอบ ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 6 ส่วน ดังนี้

- 1) บทนำ (Introduction)
- 2) การเลือกคำตอบ (Select Item)
- 3) การถาม - การตอบ (Question and Response)
- 4) การตัดสินคำตอบ (Judge Response)
- 5) การแจ้งผลคำตอบ ถ้าเป็นแบบฝึกทำข้อสอบ (Feedback if Practice Test)
- 6) จบบทเรียน (Closing)

6. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการสาธิต

ส่วนใหญ่เป็นการแสดงขั้นตอน หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เช่น การโคจรของดาวพระเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล การเคลื่อนที่ของรังสีแกมมาในสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า การเคลื่อนตัวของคลื่นเสียง เป็นต้น ซึ่งการสาธิตโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์จะดึงดูดความสนใจของผู้เรียนมาก เพราะสามารถแสดงเส้นกราฟที่สวยงาม ตลอดจนทั้งสีและเสียงอีกด้วย

การสาธิตดังกล่าวจึงน่าสนใจเพราะมีสีสันสวยงาม เด็กอาจทดลองด้วยตนเองได้ แต่การสาธิตที่ดีไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเขียนโปรแกรมมากมาย แต่ควรเป็นการสาธิตที่ทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบต่างๆ ที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ ในการวิจัยครั้งนี้

2.4 คอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม

ธนวัฒน์ ถึงสุข และ ชเนนทร์ สุขวารี (2538 : บทนำ) กล่าวว่า มัลติมีเดียหรือสื่อประสม คือ การรวบรวมการทำงานของเสียง (Sound) ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ภาพนิ่ง (Still Images) ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext) และวีดิทัศน์ (Video) มาใช้เชื่อมต่อกันโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าระบบสื่อประสมสามารถสร้างความประทับใจให้กับผู้ใช้

นอกจากนี้ วีระ ปิยะคุณากร (ม.ป.ป. : 322-335) กล่าวว่าไว้ว่า ระบบสื่อประสมหรือที่นิยมเรียกว่า มัลติมีเดีย สำหรับทางด้านการศึกษาลักษณะที่อำนวยความสะดวกที่ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจทั้งหลายจัดเป็นสื่อทั้งหมด นับตั้งแต่ ตัวอักษร รูปภาพ เสียงผู้สอนผู้สอน เสียงเพลงประกอบ รวมไปถึงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้บรรจุ หรือใช้แสดงสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดด้วย ได้แก่ หนังสือ กระดานดำ แผ่นเสียง แถบบันทึกเสียง ฯลฯ นิยามของคำว่า สื่อประสม พอจะนิยามได้ว่า เป็นการรวบรวมสื่อต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบสำคัญไว้ 3 อย่าง คือ

1. ภาพ สื่อที่มนุษย์นิยมใช้กันมาแต่โบราณนอกจากเสียง ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านระยะทาง และภาษาของเผ่าพันธุ์แล้ว ก็คือเรื่องของการมองเห็นเป็นสัญลักษณ์หรือเรื่องของภาพ ซึ่งรวมไปถึงตัวอักษรด้วย ระบบการสื่อสารด้วยภาพในระบบสื่อประสม จำแนกออกเป็นประเภทได้ดังนี้

- 1.1 ตัวอักษร (Text) การจำแนกตัวอักษรเป็นภาพชนิดหนึ่งนั้น เนื่องมาจากในส่วนของการใช้งานคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้ การสร้างแบบตัวอักษร (Font) มีลักษณะการสร้างในเชิงรูปภาพทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการสร้างแบบอักษรที่เป็น Bitmap , Adobe Type และ True Type

- 1.2 รูปภาพ (Images) ในส่วนของรูปภาพยังสามารถแบ่งออกตามลักษณะของภาพออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1.2.1 ภาพนิ่ง

1.2.2 ภาพเคลื่อนไหว

ส่วนของภาพยังสามารถจำแนกตามที่มาของภาพออกได้เป็น 2 ลักษณะได้อีก คือ ภาพจากการจำลองแบบ (Imitated Images) ซึ่งได้แก่ภาพที่ถ่ายแบบมาจากของจริงโดยอาศัยเครื่องมือช่วยในการจำลองแบบ เช่น กล้องถ่ายภาพนิ่ง กล้องถ่ายวีดิทัศน์ เครื่องอ่านภาพ (Scanner) เป็นต้น

ภาพจากการสร้าง (Creative Images) เป็นภาพที่สร้างจากจินตนาการของมนุษย์ เช่น ภาพวาด ภาพการ์ตูน เป็นต้น

2. เสียง (Sound) เสียงเป็นสื่อแรกที่มนุษย์ใช้กัน ภาษาพูดเป็นสื่อที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าภาษาอักษร ข้อจำกัดในการใช้เสียงในการสื่อสาร ในปัจจุบันลดข้อจำกัดทางด้านระยะทางไปได้มากนับตั้งแต่มีโทรศัพท์ เครื่องรับวิทยุ และเครื่องรับโทรทัศน์ การสร้างสื่อทางด้านเสียงไม่ยุ่งยากเหมือนการพัฒนาสื่อทางด้านภาพ ความผิดเพี้ยนทางเสียง มีผลแค่เพียงทำให้ความชัดเจนน้อยลง เสียงเพี้ยน เสียงทุ้ม หรือเสียงแหลมเกินไป ซึ่งเมื่อเทียบกับความผิดเพี้ยนทางเสียงแล้วมีผลรุนแรงกว่า อาจส่งผลกระทบต่อถึงกับใช้งานไม่ได้เลย

ปัจจุบันเทคโนโลยีเชิงตัวเลข หรือที่เรียกกันว่า “ระบบดิจิทัล” ช่วยให้ระบบสื่อประสมทำงานได้อย่างกลมกลืน ระบบสื่อประสมเป็นการประสานกันระหว่างสื่อทางภาพกับทางเสียง ปัญหาที่พบในปัจจุบัน คือ ขนาดของการบันทึกภาพและเสียงให้ไปด้วยกันมากที่สุด ดูสมจริง และเป็นปัจจุบันมากที่สุด

3. การโต้ตอบ ลักษณะของการโต้ตอบซึ่งกันและกันได้ดังนี้ ทำให้ขอบเขตของระบบสื่อประสมกว้างขวางออกไป สามารถจำแนกได้ดังนี้

3.1 การโต้ตอบในลักษณะตัวเลือก คือ มีการจำลองสถานการณ์ (Simulation) จากปัญหาหนึ่งๆ จัดไว้หลายรูปแบบ โดยให้พิจารณาจากเงื่อนไขที่ต่างกันออกไป ยิ่งจำลองสถานการณ์ไว้หลากหลายซับซ้อนและครอบคลุมมากเพียงใด ความสมบูรณ์ของระบบสื่อประสมจะมีความสมบูรณ์มากขึ้นด้วย

3.2 การโต้ตอบในลักษณะการติดต่อสื่อสาร โดยอาศัยสมรรถนะของการสื่อสารที่ทันสมัยเข้ามาช่วยแทนที่ผลลัพธ์จะเป็นแบบตายตัว ไปเป็นแบบปรับเปลี่ยนตามเหตุการณ์ เช่น อยากทราบข้อมูลเกี่ยวกับโรงแรมที่พัก แต่เดิมจะได้ข้อมูลเพียงว่ามีโรงแรมใดบ้างเท่านั้น แต่ในปัจจุบันถ้าสนใจเข้าพักก็สามารถจองห้องพักในโรงแรมนั้นได้เลย เป็นต้น

คุณลักษณะดีที่สามารถตอบโต้กันได้ก็นับวันจะมีความสำคัญมากขึ้นเป็นลำดับการโต้ตอบระหว่างกันกลายมาเป็นการโต้ตอบทันทีทันใดได้ จากการลดเงื่อนไขเรื่องเวลาและระยะทางได้มาก

2.5 อุปกรณ์สำหรับคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม

อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม แยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware)
2. ซอฟต์แวร์ (Software)

1. ฮาร์ดแวร์ องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสื่อประสมสามารถแยกออกเป็น ภาพ เสียง และการโต้ตอบได้ ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสม หรือมัลติมีเดียพีซี (Multimedia PC) ต้องแยกจากกันระหว่างมัลติมีเดียพีซีสำหรับการใช้งานกับมัลติมีเดียพีซีที่ใช้แสดง

ผลงาน ในส่วนของการสร้างงานจำเป็นจะต้องใช้เครื่องที่มีสมรรถนะสูงถ้าได้ถึงระดับเวิร์กสเตชัน (Workstation) จะทำงานได้ดีมาก เครื่องคอมพิวเตอร์นี้จะเป็นฮาร์ดแวร์หลักที่เป็นตัวเชื่อมโยงไปยังฮาร์ดแวร์อื่นๆ ได้ คือ

1.1 ฮาร์ดแวร์สำหรับงานด้านภาพ อุปกรณ์สำคัญสำหรับใช้งานด้านภาพที่สำคัญและจำเป็นนอกจากตัวเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว มีดังนี้

1.1.1 เครื่องอ่านภาพ (Scanner) ใช้สำหรับทำสำเนาภาพจากต้นฉบับที่เป็นภาพนิ่งให้เป็นภาพดิจิทัล

1.1.2 กล้องถ่ายภาพเชิงตัวเลข หรือกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) เป็นกล้องเหมือนกล้องถ่ายภาพธรรมดา เพียงแต่เปลี่ยนส่วนรับภาพที่เคยเป็นฟิล์มมาเป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณภาพเป็นดิจิทัล ที่เรียกกันว่า CCD (Charge Couple Device) ใช้ทำสำเนาภาพนิ่งได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ

1.1.3 กล้องถ่ายภาพวิดีโอ (Video Camera) ใช้กับงานถ่ายภาพเคลื่อนไหว เครื่องเล่นวิดีโอ (Video Player) ใช้เป็นเครื่องเล่นเทปวิดีโอในกรณีที่มีข้อมูลเป็นเทปวิดีโอ

1.1.4 การ์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digitizing Card) ใช้แปลงสัญญาณจากเครื่องเล่นวิดีโอ และกล้องถ่ายภาพวิดีโอที่ส่วนใหญ่ยังให้สัญญาณออกมาเป็นอนาล็อก การนำสัญญาณจากอุปกรณ์ดังกล่าวเข้าไปใช้งานกับคอมพิวเตอร์ ต้องแปลงสัญญาณจากอนาล็อกให้เป็นดิจิทัล

1.1.5 กราฟิกการ์ดและมอนิเตอร์ (Graphic Card) กราฟิกการ์ดจะทำงานร่วมกับ มอนิเตอร์ (จอภาพ) เพื่อแสดงผล สำหรับงานทางด้านสื่อประสม ต้องการการ์ดที่มีความสามารถระดับ Super VGA (SVGA) หน่วยความจำในการแสดงผล (Video RAM) อย่างน้อย 1 MB และความสามารถในการแสดงสี 256 สี และความละเอียดระหว่าง 640 x 480 พิกเซล (Pixel) ถึง 1024 x 768 พิกเซล จะให้ภาพที่มีรายละเอียดแตกต่างกัน แต่ในการใช้งานบางครั้งการแสดงผล 256 สี อาจจะไม่เพียงพอ จึงอาจจะต้องใช้กราฟิกการ์ด ที่มีความละเอียดสูงถึง 16 ล้านสี

1.2 ฮาร์ดแวร์สำหรับงานด้านเสียง ในส่วนของระบบเสียงนั้น แต่เดิมเป็นระบบอนาล็อก แต่ในปัจจุบันมีการประยุกต์และพัฒนาระบบเสียงให้เป็นระบบดิจิทัล (Digital Systems) ได้ ฮาร์ดแวร์ที่ใช้สำหรับงานด้านเสียงจึงประยุกต์ใช้กับระบบสื่อประสมได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ด้านเสียงได้แก่

1.2.1 การ์ดเสียง (Sound Card) หน้าที่ของการ์ดเสียงคือ การบันทึกและการเล่นกลับ โดยมากการ์ดเสียงจะทำหน้าที่บันทึกเสียง โดยผ่านไมโครโฟนแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัลและสามารถบันทึกเก็บไว้ในดิสก์ได้ และยังสามารถเปลี่ยนกลับออกมาเป็นสัญญาณอนาล็อกอีกครั้งได้ สัญญาณเสียงดิจิทัลที่บันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์จะแบ่งตามขนาดการเก็บ ซึ่งข้อกำหนดขั้นต่ำของ MPC กำหนดขนาดการเก็บสัญญาณเสียงเท่ากับ 8 บิต ซึ่งอาจจะมีคุณภาพเสียงที่ไม่ดีเท่ากับ ขนาด 16 บิต ซึ่งจะให้คุณภาพเสียงที่ดีกว่ามาก

1.2.2 เครื่องเล่นซีดีรอม (CD-ROM Drive) เป็นฮาร์ดแวร์ที่ทำงานหลายหน้าที่ เช่น ใช้ในการอ่านและจัดเก็บข้อมูล อีกทั้งยังสามารถใช้เล่นวิดีโอ (Video CD) หรือการเล่นแผ่น

เสียงซีดี (Digital Audio) ซึ่งจะต้องทำงานควบคู่กับฮาร์ดแวร์สื่อประสม เครื่องเล่นซีดีรอม ที่มีความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลสูงจะทำให้การทำงานทั้งด้านภาพ และเสียงสมบูรณ์แบบ

1.2.3 ลำโพงและไมโครโฟน (Speaker and Microphone) เป็นฮาร์ดแวร์ที่ถือว่าขาดไม่ได้ ลำโพงเป็นอุปกรณ์ที่จะทำให้เกิดเสียง และไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์สำคัญในการบันทึกเสียง หากต้องการให้ระบบสื่อประสมสมบูรณ์มากขึ้นควรใช้ลำโพงที่มีภาคขยายเสียงในตัวเอง

2. ซอฟต์แวร์ ระบบสื่อประสมสามารถแยกการทำงานได้เป็น 2 แบบ คือ การสร้างและ การใช้งาน (แสดงผลงานที่สร้าง) เราสามารถแยกซอฟต์แวร์ได้ออกเป็นสองลักษณะ คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างสื่อประสม และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแสดงสื่อประสม

2.1 ซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างงานสื่อประสมแยกออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับสร้างภาพและเสียง กับซอฟต์แวร์จัดระบบ

2.1.1 ซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างภาพและเสียง เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้งานทางด้านกราฟิก เช่น โปรแกรม Photoshop ใช้ในการตกแต่งภาพ ตัดต่อ จัดแปลง สร้างภาพใหม่ ซอฟต์แวร์เสียง เช่น MIDI Audio , Sound Edit 16 เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ตัดต่อภาพวิทัศน์หรือภาพเคลื่อนไหว เช่น Adobe Premier เป็นต้น ส่วนใหญ่ซอฟต์แวร์เหล่านี้ได้พัฒนาให้ใช้งานง่าย

2.1.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้จัดระบบ เป็นซอฟต์แวร์ที่รวบรวมงานส่วนต่างๆ ที่จัดทำไว้แล้วด้วยซอฟต์แวร์ประเภทแรกนำมาจัดลำดับ เพื่อให้มีการโต้ตอบกันได้ เช่น บอกให้รู้ว่าถึงตอนนี้มีภาพ ต่อไปจะมีเสียง กดตรงนี้จะแสดงภาพนี้ขึ้นมา หรือมีเสียงดังขึ้นมา เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันซอฟต์แวร์ส่วนใหญ่ได้มีการพัฒนาให้สามารถนำงานของโปรแกรมอื่นมารวมใช้งานได้ง่ายขึ้นอีกด้วย เช่น Multimedia ToolBook , Java , Authorware เป็นต้น

2.2 ซอฟต์แวร์ใช้งานสื่อประสม ซอฟต์แวร์ใช้งานสื่อประสมส่วนใหญ่จะสามารถสร้างและใช้งานได้ในตัว ผู้ใช้สามารถกำหนดสถานการณ์การทำงานตามความต้องการ เช่น Authorware ซึ่งสามารถแสดงงานและสร้าง แก๊ซ ข้อมูลได้

2.6 คอมพิวเตอร์ระบบออเธอร์ริง

ระบบออเธอร์ริง (Baron & Orwig.1995 : 145-146) เป็นซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้ในการจัดระบบ ทำหน้าที่รวบรวมงานส่วนต่างๆ ที่จัดทำไว้แล้วจากซอฟต์แวร์ประเภทอื่นๆ เช่น โปรแกรมสร้างภาพกราฟิก โปรแกรมเสียง หรือโปรแกรมภาพเคลื่อนไหวต่างๆ เพื่อทำให้มีการโต้ตอบกันได้

ซอฟต์แวร์ระบบออเธอร์ริง นิยมนำมาใช้งานด้านสื่อประสม ที่รู้จักกันกว้างขวางคือ โปรแกรม ออเธอร์แวร์ (Authorware), ไดเรกเตอร์ (Director) หรือมัลติมีเดีย ทูลบุค (Multimedia ToolBook) เป็นต้น ระบบออเธอร์ริงยังแบ่งตามลักษณะที่นำมาใช้ในการสร้างบทเรียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. ประเภทที่ใช้ในการเขียนคำสั่งสคริปต์ (Script-based Authoring System) การใช้ซอฟต์แวร์ประเภทนี้ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ ต้องใช้วิธีการเขียนคำสั่งเป็นรหัสภาษาทางคอมพิวเตอร์ เป็นซอฟต์แวร์อรรถวิธีระบบแรกๆ การสร้างบทเรียนด้วยซอฟต์แวร์ประเภทนี้ ต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความสามารถในการเขียนโปรแกรมที่มีประสบการณ์ จึงจะสามารถสร้างได้อย่างรวดเร็ว การใช้วิธีการเขียนคำสั่งสร้างบทเรียนมีข้อดีตรงที่ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของการควบคุม อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง การควบคุมฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น การเชื่อมต่อเข้าไปยังเครือข่ายหรือการต่อพ่วงกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ

2. ประเภทที่ใช้เมนูคำสั่ง (Menu-base Authoring System) การใช้ซอฟต์แวร์ประเภทนี้ง่ายกว่าประเภทแรก ผู้สร้างสามารถเลือกใช้คำสั่งจากรายการบนเมนูต่างๆ ที่มีไว้ให้ แต่จะมีข้อเสียตรงที่รายการคำสั่งบนเมนูที่มีให้มียู่งจำกัด จึงเป็นข้อจำกัดในการสร้างบทเรียน ถ้าต้องการรวมคำสั่งในการสร้าง หรือต้องการเพิ่มขีดความสามารถของการใช้งานจากเมนูคำสั่งที่มีให้ อาจจะต้องใช้วิธีการเขียนคำสั่งเข้าร่วมด้วย

3. ประเภทที่ใช้ไอคอนรูปภาพ (Icon-based Authoring System) เป็นระบบอรรถวิธีประเภทที่นิยมนำมาใช้สร้างบทเรียนกันในปัจจุบัน เนื่องจากผู้สร้างซอฟต์แวร์พัฒนาให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานได้มากขึ้นกว่าเดิม เพียงแต่เลือกเอาไอคอนที่เป็นรูปภาพประเภทต่างๆ ที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้สร้างไว้ให้มาเรียงต่อกัน ก็สามารถสร้างเป็นโครงสร้างของเนื้อหาบทเรียน ที่สามารถเพิ่มข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง เข้าไปในโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แล้ว

2.7 การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในขั้นนี้สามารถแบ่งออกเป็นประเด็นหลักได้ 2 ประเด็น ดังนี้

การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีลักษณะเดียวกันกับบทเรียนโปรแกรม แต่ต่างกันที่การทำงานของคอมพิวเตอร์ ศักยภาพของระบบคอมพิวเตอร์ที่สูงกว่าเป็นอย่างมาก การออกแบบและพัฒนาจึงจำเป็นต้องอาศัยหลักการของวิธีระบบทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อสองทาง เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Instruction Computing Development) จึงมีลักษณะดังนี้

1. การออกแบบการเรียนการสอน (Instruction Design)

เป็นการกำหนดลักษณะและรูปแบบการทำงานของโปรแกรม ผู้ออกแบบต้องมีความรอบรู้ด้านเนื้อหา หลักจิตวิทยา วิธีการสอน การวัดและประเมินผล ซึ่งดำเนินการดังนี้

1.1 วิเคราะห์เนื้อหา โดยมีข้อพิจารณาดังนี้

- เลือกเนื้อหาที่มีการฝึกทักษะทำซ้ำบ่อยๆ ต้องมีภาพประกอบ
- เลือกเนื้อหาที่คาดว่าจะสามารถช่วยประหยัดเวลาได้มากกว่าวิธีเดิม

-เนื้อหาบางอย่างที่สามารถจำลองให้อยู่ในรูปของการสาธิตได้ เพราะถ้าหากทำการทดลองจริง ๆ อาจจะมียันตรายหรือต้องใช้วัสดุสิ้นเปลือง หรืออุปกรณ์ที่มีราคาแพง

1.2 ศึกษาความเป็นไปได้ โดยมีข้อพิจารณาดังนี้

- มีบุคลากรที่มีความรู้พอจะพัฒนาโปรแกรมได้ตามความต้องการหรือไม่
- ต้องการอุปกรณ์พิเศษที่ต่อเพิ่มเติมกับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือไม่
- มีงบประมาณเพียงพอหรือไม่

1.3 กำหนดวัตถุประสงค์ จะต้องกำหนดคุณลักษณะ และสิ่งที่คาดหวังจากผู้เรียน ก่อนและหลังการใช้โปรแกรม โดยระบุสิ่งที่ต่อไป

- ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน ว่าต้องทราบอะไรบ้างก่อนที่จะมาใช้โปรแกรม
- สิ่งที่คาดหวังจากผู้เรียนหลังการใช้โปรแกรมว่า ผู้เรียนควรเกิดการเรียนรู้อะไร

1.4 การลำดับขั้นตอนการทำงาน นำเนื้อหาที่ได้จากการวิเคราะห์ และสิ่งที่คาดหวังจากผู้เรียนมาเรียงลำดับ แล้ววางแผนการนำเสนอในรูปของกรอบเรื่องราว (Story Board) และผังงาน (Flow Chart) โดยเน้นในเรื่องต่อไปนี้

- ภาษาที่ใช้เหมาะสมกับผู้เรียนหรือไม่
- ขนาดข้อความใน 1 จอภาพ
- ขนาดของตัวอักษรที่เหมาะสมกับจอภาพ
- สีและขนาดของตัวอักษรที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
- คำติ คำชม แรงเสริมต่าง ๆ ในการเรียน
- หลักจิตวิทยา การเรียนรู้ การชี้แนะ
- แบบฝึกหัด การประเมินผลความสนใจ

2. การสร้างบทเรียน (Instruction Construction)

หมายถึงการสร้างการทดสอบและปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมดังนี้

2.1 การสร้างโปรแกรม เป็นการนำเนื้อหาในกรอบเรื่องราวให้เป็นชุดคำสั่งที่คอมพิวเตอร์เข้าใจโดยใช้ภาษาใดภาษาหนึ่ง หรือโปรแกรมสำหรับสร้างบทเรียนโดยเฉพาะ ซึ่งต้องมีการตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

-รูปแบบคำสั่งผิดพลาด (Syntax Error) เป็นการใช้คำสั่งไม่ถูกต้องตามข้อกำหนดของภาษา

-แนวความคิดผิดพลาด (Logical Error) เป็นการเข้าใจขั้นตอนในการทำงานคลาดเคลื่อน

2.2 ทดสอบการทำงาน เป็นการนำโปรแกรมที่สร้างไปตรวจสอบความถูกต้องบนจอภาพ อาจมีการแก้ไขโปรแกรมบางส่วน และนำไปทดสอบกับผู้เรียนในสภาพการใช้งาน ทดสอบการทำงานของโปรแกรมและหาข้อบกพร่องที่ผู้ออกแบบคาดไม่ถึง เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาปรับปรุงต้นฉบับ และแก้ไขโปรแกรมต่อไป

2.3 ปรับปรุงแก้ไขหลังจากทราบข้อบกพร่องจากการนำโปรแกรมไปทดสอบการทำงาน แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม การปรับปรุงจะต้องเปลี่ยนแปลงที่ตัวต้นฉบับของ Story Board ก่อน แล้วจึงค่อยปรับปรุงแก้ไข เมื่อแก้ไขโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว นำไปทดสอบการทำงานใหม่ จนกว่าจะได้โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วนำไปใช้งานและทำคู่มือประกอบการใช้โปรแกรม

3. การประยุกต์ใช้ (Instruction Implement)

การประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนและการประเมินผลเป็นขั้นตอนที่จะตัดสินใจว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมาเป็นอย่างไร สมควรที่จะใช้ในการเรียนการสอนหรือไม่

3.1 การประยุกต์ใช้ในห้องเรียน การนำโปรแกรมไปใช้จะต้องทำตามข้อกำหนดสำหรับการใช้โปรแกรม เช่นโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับสถิติการทดลอง ควรให้ผู้เรียนได้ศึกษาและใช้โปรแกรมก่อนเข้าห้องทดลอง

3.2 การประเมินผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการพัฒนาโปรแกรม เป็นการสรุปว่าโปรแกรมที่สร้างขึ้นเป็นอย่างไร สมควรที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอนหรือไม่ การประเมินผลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

-ประเมินว่าหลังจากผู้เรียนใช้โปรแกรมแล้ว ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ การประเมินจากการทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนของผู้เรียน เพื่อการวัดความก้าวหน้าของผู้เรียน วัดความเข้าใจในเนื้อหา

-ประเมินโปรแกรมและการทำงานว่า การใช้โปรแกรมกับเนื้อหาวิชาเหมาะสมกันหรือไม่ ทักษะของผู้เรียนต่อการใช้โปรแกรมเป็นอย่างไร วิธีการใช้โปรแกรมยากง่ายอย่างไร วิธีการสอนบทเรียน ความถูกต้องของเนื้อหา และการโต้ตอบกับผู้เรียนเป็นอย่างไร การประเมินผลจากการตอบแบบสอบถาม (Questionnaire)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการออกแบบ และสร้างขึ้นมาแล้วนั้น ต้องผ่านการวิจัยและพัฒนา ก่อนที่จะนำออกไปใช้ในการเรียนการสอนและเผยแพร่ ซึ่งแนวคิดในการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาพอสรุปได้ดังนี้

หลักการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา

มอริส , บอร์กและกอล (พฤทธิ ศิริบรรณพิทักษ์. 2529 : 21-24 ; อ้างอิงมาจาก Morrish. 1987 ; Borg and Gall. 1979 : 771-798) ได้กล่าวถึงหลักการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาไว้ดังนี้

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา (Educational Research and Development หรือ R&D) เป็นการพัฒนาการศึกษาโดยอาศัยพื้นฐานการวิจัย (Research Based Educational Development) เป็นกลยุทธ์หรือวิธีการสำคัญวิธีหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาการศึกษาโดยจะเน้นหลักเหตุผลและตรรกวิทยา เป้าหมายหลักคือ ใช้เป็นกระบวนการในการพัฒนา และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา (Education Product) อันหมายถึง วัสดุ

คุณลักษณะทางการศึกษาที่ได้แก่ หนังสือแบบเรียน फिल्मสไลด์ เทปเสียง เครื่องคอมพิวเตอร์ และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาแตกต่างจากการวิจัยทางการศึกษาใน 2 ประการ คือ

1. เป้าประสงค์ (Goal) การวิจัยทางการศึกษามุ่งที่จะค้นคว้าหาความรู้ใหม่โดยการวิจัยพื้นฐาน หรือมุ่งที่จะหาคำตอบเกี่ยวกับการปฏิบัติงานโดยการวิจัยประยุกต์ แต่การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษามุ่งที่จะพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา แม้ว่าการวิจัยประยุกต์ทางการศึกษาหลายๆ โครงการมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาเช่น การศึกษาวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิผลของวิธีสอนหรืออุปกรณ์การสอน ผู้วิจัยอาจพัฒนาสื่อ หรือผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาสำหรับการสอนแต่ละแบบ และผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ใช้สำหรับการทดสอบสมมุติฐานของการวิจัยแต่ละครั้งเท่านั้น ไม่ได้มีการพัฒนาไปสู่การใช้สำหรับโรงเรียนต่างๆ ไป

2. การนำไปใช้ การวิจัยทางการศึกษาจะมีช่องว่างระหว่างผลการวิจัยกับการนำไปใช้จริงอย่างกว้างขวาง กล่าวคือ ผลของการวิจัยทางการศึกษาจำนวนมากจะอยู่ในตู้หนังสือ ไม่ได้นำออกมาใช้ นักการศึกษาและนักวิจัยจึงหาทางลดช่องว่างดังกล่าวโดยวิธีที่เรียกว่า การวิจัยและพัฒนา ซึ่งจะเป็นตัวเชื่อมเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาที่ใช้ประโยชน์ได้จริงในโรงเรียนทั่วไป ดังนั้นการใช้กลยุทธ์การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาเพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการศึกษาจึงเป็นการใช้ผลการวิจัยทางการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาวิจัยพื้นฐาน หรือการวิจัยประยุกต์ เพื่อให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นและสามารถสรุปความสัมพันธ์และความแตกต่างกันได้

แนวคิดการวิจัยและพัฒนาของบอร์กและกอล ได้แบ่งแนวทางการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็น 11 ขั้นตอน คือ

1. กำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนา
2. รวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. วางแผนการวิจัยและพัฒนา
4. พัฒนารูปแบบขั้นตอนของผลิตภัณฑ์
5. ทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1 ขั้น 1 ต่อ 1
6. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1
7. ทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 2 ขั้น 1 ต่อ 10
8. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 2
9. ทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 3
10. ปรับปรุง ครั้งที่ 4
11. เผยแพร่ผลิตภัณฑ์

แนวคิดการวิจัยและพัฒนาของ อเลสซี และทรอลลิป (Alessi and Trollip, 1985 : 275) ได้เสนอแนวทางในการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ไว้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

- 2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของบทเรียน
- 2.2 รวบรวมเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้
- 2.3 ระดมความคิดจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อทำเป็นบทเรียน

- 2.4 สรุปเป็นบทเรียนของตนเอง
- 2.5 ผลิตบทเรียนเป็นกรอบภาพลงกระดาษ
- 2.6 เขียนผังงานของบทเรียน
- 2.7 สร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์
- 2.8 ประเมินคุณภาพ และประสิทธิภาพของบทเรียน

แนวคิดในการวิจัยและพัฒนาดังกล่าวนี้ สามารถที่จะนำไปดัดแปลงและผสมผสานขั้นตอนต่าง ๆ ตามความเหมาะสม และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน และเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการวิจัยและพัฒนาของบอร์กและกอล และนำมาดัดแปลงเป็นรูปแบบของการวิจัยมีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร
2. รวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก
3. วางแผนการวิจัยและพัฒนาโดยละเอียด
4. ดำเนินการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
5. ทำการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของเครื่องมือ ชั้น 1 ต่อ 1 โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ตามระดับความสามารถคือ เก่ง/ปานกลาง/อ่อน เป็น 1 : 1 : 1 ทดลองเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
6. ปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ครั้งที่ 1
7. การทดลองครั้งที่ 2 เพื่อหาข้อบกพร่องของเครื่องมือกับกลุ่มย่อย ชั้น 1 ต่อ 10 โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน ตามระดับความสามารถคือ เก่ง/ปานกลาง/อ่อน เป็น 3 : 3 : 3 ทดลองเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
8. ปรับปรุงและให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินตรวจสอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม แล้วแก้ไขปรับปรุงจนสมบูรณ์
9. การทดลองครั้งที่ 3 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม กับกลุ่มตัวอย่าง
10. การทดลองครั้งที่ 4 เป็นการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (กลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่มกับการทดลองครั้งที่ 3) เพื่อทำการตรวจสอบยืนยันประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น
11. เผยแพร่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

งานวิจัยที่เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

งานวิจัยภายในประเทศ

วีระพงษ์ แสงชูโต (2532 : 4) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อมเสริมวิชาเคมีโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติกับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสายน้ำผึ้ง ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีระหว่างกลุ่มที่เรียนกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และกลุ่มที่เรียนกับการสอนตามปกติไม่แตกต่างกัน

ฐาปณีย์ ธรรมเมธา (2532 : บทคัดย่อ) ได้ทดลองศึกษาอัตราเวลาในการอ่านข้อความภาษาไทย 1 บรรทัด บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 84 คน ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านสูง กลางและต่ำ พบว่าผู้เรียนทุกกลุ่มใช้เวลาอ่านข้อความโดยเฉลี่ย 4 ตัวอักษรต่อวินาที หรือประมาณ 1 คำต่อวินาที และผู้เรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านสูงและกลาง ใช้เวลาเฉลี่ยมากกว่า และพบว่าการอ่านอักษรบนจอคอมพิวเตอร์ จะใช้ระยะเวลามากกว่าการอ่านบนสิ่งพิมพ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความคุ้นเคยของบุคคลในการอ่านวารสารสนเทศบนหนังสือมีมากกว่า

อมร สุขจำรัส (2533 : 58) ได้ศึกษาผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเรื่อง “การย่อยอาหาร” กับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2533 โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี ผลการศึกษาพบว่า ผู้เรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า กลุ่มที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติ

นุชรี ปุระเศรณี (2535 : 59-61) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่ 5 ในสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ผลการวิจัยพบว่า คะแนนการทดสอบหลังการเรียนของนักศึกษาแพทย์กลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงอย่างเดียว สูงกว่า นักศึกษาแพทย์กลุ่มที่เรียนจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเอง และค่าเฉลี่ยคะแนนของนักศึกษากลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากเอกสารวิชาการ แสดงให้เห็นว่า การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเรียนจากเอกสารวิชาการด้วยตนเอง

วาสนา ศรีอักษรลาภ (2538 : บทคัดย่อ) ได้ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในด้านลักษณะทั่วไปของฮาร์ดแวร์, ลักษณะในการใช้สร้างบทเรียน และลักษณะในการติดต่อกับผู้ใช้ของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 4 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมไทยทัศน์, จูฬา CAI ,ออเธอร์แวร์ โปรแกรมพสชันแนล (Authorware Professional) และ มัลติมีเดียทูลบุค (Multimedia Toolbook) สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของฮาร์ดแวร์ ทั้ง 4 โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับเครื่อง PC ที่มี CPU 80386 ขึ้นไป ใช้ได้กับเครื่องหน่วยความจำหลัก (RAM) 4 MB ขึ้นไปทำงานโดยอาศัยฮาร์ดดิสก์ และใช้กับจอภาพแบบ VGA และ SVGA ชนิดสีได้, โปรแกรมออเธอร์แวร์ โปรแกรมพสชันแนล และ

โปรแกรมมัลติมีเดียชุดผลงานในระบบวินโดวส์ (Windows) ส่วนโปรแกรม ไทยทัศน์ และจุฬา CAI ทำงานในระบบ ดอส (DOS)

2. โปรแกรมมอเธอร์แวร์ และมัลติมีเดียชุดผลงาน มีลักษณะในการใช้สร้างบทเรียนด้าน ตัวอักษร ภาพกราฟิกและมีปฏิสัมพันธ์ มากที่สุดเท่ากัน และทุกโปรแกรมมีลักษณะในการสร้างบทเรียนด้านการประเมินผลพื้นฐานเท่ากัน

3. โปรแกรมมอเธอร์แวร์ และมัลติมีเดียชุดผลงาน มีลักษณะการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช่มากที่สุดเท่ากัน

จันทนา บุญยาภรณ์ (2539 : 59) ได้ทำการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุรวิทยาคาร จังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2538 สรุปผลได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และจากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ก่อน และหลังการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่าจะคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนซ่อมเสริมสูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

✕ จีรพัฒน์ ชัยพร (2539. บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์เสียง จากการเรียนโดยใช้บทเรียนไฮเปอร์เท็กซ์ ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ 80 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 40 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปรากฏการณ์เสียงของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วันเพ็ญ เขียนเอี่ยม (2539: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบไฮเปอร์มีเดีย วิชาฟิสิกส์ เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ผลการทดลองสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบไฮเปอร์มีเดีย เรื่องกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันของผู้เรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผู้เรียนกลุ่มทดลองร้อยละ 53.6 มีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ต่อการเรียนด้วยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบไฮเปอร์มีเดีย และมีความต้องการที่จะเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาอื่นๆ ด้วย

จักรกฤษ ศรีงาม (2539 :80-82) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับเสริมทักษะในการคิดคำนวณวิชาคณิตศาสตร์ ในเรื่องสมการและอสมการ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้เรียนด้วยตนเอง จากผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่วิจัยและพัฒนาขึ้นมามีคุณภาพและประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ 88.83/88.83

สมยุทธ แก้วเกาะจาก (2539 : 54-56) ได้ทำการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา สุรวิทยาคาร เรื่องระบบขับถ่ายปัสสาวะ สำหรับนักศึกษาพยาบาล กับนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยพยาบาลสหประชาชาติไทย ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 โดยใช้โปรแกรมจุฬาซีเอไอ ผลการศึกษาพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

ศิริพันธ์ ประสิทธิลักษณ์ (2540 : 59-61) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปัญหาการหายใจลำบากที่เกี่ยวข้องกับด้านกุมารศัลยศาสตร์กับนิสิตแพทย์ชั้นปีที่ 5 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้วิจัยและพัฒนา มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 90/90 และเมื่อเปรียบเทียบผลการเรียนของกลุ่มนิสิตแพทย์ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับกลุ่มควบคุมที่เรียนตามการสอนแบบปกติ พบว่า นิสิตแพทย์ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจกับการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ชากิม พงษ์ยี่หล้า (2540 : 82-83) ได้ทำการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้เวลาในการสอน 4 คาบ คาบละ 50 นาที ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีค่าประสิทธิภาพ 1.02 ตามเกณฑ์มาตรฐานของ Mequiquans

งานวิจัยต่างประเทศ

เดนซ์ (Dence. 1980 : 50-54) ได้รวบรวมผลการวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในช่วงปี ค.ศ. 1967-1978 สรุปได้ว่า เนื้อหาวิชาที่เหมาะสมที่สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ วิชาวิทยาศาสตร์ และบทเรียนที่เป็นแบบฝึกทักษะจะให้ผลดีกว่าแบบอื่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพในการใช้ข้อมูลย้อนกลับมากกว่าบทเรียนโปรแกรมแบบอื่นๆ ผู้เรียนจะเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง และยังให้ผลดีเท่ากับการสอนแบบปกติ แต่จะให้ผลดียิ่งขึ้นถ้าได้ใช้ร่วมกัน อีกทั้งยังทำให้ประหยัดเวลาได้มากกว่าร้อยละ 40 ของการสอนแบบปกติ

พาร์ค (Park. 1994 : 2972-A) ได้ศึกษาผลการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมีเบื้องต้น ระหว่างการเรียนแบบเป็นกลุ่มที่มีระดับความสามารถสูงและต่ำ กับการเรียนแบบเดี่ยวของผู้เรียนที่มีระดับความสามารถสูงและต่ำ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 109 คน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองที่เรียนเป็นกลุ่ม ที่มีระดับความสามารถสูงและต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเบื้องต้นสูงกว่า กลุ่มทดลองที่เรียนแบบคนเดียว ที่มีระดับความสามารถสูงและต่ำ และผู้เรียนทุกกลุ่มมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมี

ลิ้ม (Lim. 1997 : 3466-A) ได้ศึกษาผลจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสม เป็นสื่อในการสอนการเขียนแบบเสมือนจริงกับนักศึกษาโปรแกรมการออกแบบตกแต่งภายในของมหาวิทยาลัยมินเนโซต้า โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสมแบบหยุดนิ่ง (Static) กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสมแบบเคลื่อนไหว (Dynamic) ผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสม ทั้งสองรูปแบบประกอบการสอนเขียนแบบเสมือนจริงกับนักศึกษาออกแบบตกแต่งภายใน ไม่แตกต่างกัน

แมคโดนัลด์ (McDonald. 1997 : 3466-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับทัศนคติ ผลสัมฤทธิ์และความสัมพันธ์ของรูปแบบการเรียนรู้ต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสม ผลปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสมช่วยให้ผู้เรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนการสอน ผู้เรียนร้อยละ 73 เชื่อว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสมช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพขึ้น และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างรูปแบบการเรียนรู้ของคอลบ (Kolb) กับการเรียนรู้แบบสำรวจ และการเรียนตามปกติไม่แตกต่างกัน

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำให้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกมีความเหมาะสมที่นำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมมาก ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้ตามรูปแบบการวิจัยและพัฒนาของบอร์คและกอล โดยสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ประเภทศึกษาเนื้อหาใหม่ และใช้โปรแกรมมอเธอร์แวร์ โปรเฟสชันแนล เวอร์ชัน 4.0 เป็นเครื่องมือในการสร้างและพัฒนาบทเรียน และนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างและพัฒนาขึ้นมาหาประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด 80/80

สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกที่พัฒนาขึ้น กับหลังการเรียน แตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก มีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็นลำดับ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา
4. วิธีดำเนินการวิจัย
5. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

ประชากร ประชากรที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี โปรแกรมการเรียนคณิต-อังกฤษ และอังกฤษ-ฝรั่งเศส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 9 ห้องเรียน รวมประชากรจำนวน 477 คน

กลุ่มตัวอย่าง

การทดลองชั้น 1 ต่อ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จากประชากรดังกล่าวข้างต้น จำนวน 3 คน แบ่งตามระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่างคือ สูง ปานกลาง และอ่อน เป็น 1 : 1 : 1

การทดลองชั้น 1 ต่อ 10 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้จากประชากรดังกล่าวข้างต้น จำนวน 9 คน แบ่งตามระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่างคือ สูง ปานกลาง อ่อน เป็น 3 : 3 : 3

การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากประชากรดังกล่าวข้างต้น โดยการจับ

ฉลากจนได้กลุ่มทดลองจำนวน 25 คน เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
ประชากร ประชากรที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหอวัง โปรแกรมการเรียนคณิต-อังกฤษ อังกฤษ-ฝรั่งเศส และอังกฤษ-เยอรมัน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 9 ห้องเรียน รวมประชากรจำนวน 420 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จากประชากรดังกล่าวข้างต้น โดยการจับฉลากแบ่งเป็น กลุ่มทดลองจำนวน 25 คน เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม และกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน ไม่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสื่อประสม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น

เครื่องมือที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ AMD K6 II 450 พร้อมอุปกรณ์สร้างสื่อประสม
2. โปรแกรม ออเธอร์แวร์ โปรเฟสชั่นแนล เวอร์ชัน 4.0

เครื่องมือที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพบทเรียน

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่สร้างและพัฒนาขึ้น
2. แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

เครื่องมือที่ใช้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ทดลองหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 แล้ว
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นการสร้างและพัฒนาเนื้อหาและแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน

เนื้อหาบทเรียน

1. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) รายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

2. รวบรวมรายละเอียดเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก และวิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยเรียน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 หน่วยเรียนซึ่งมีโครงสร้างเนื้อหา ดังนี้

2.1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร ความหมายและลักษณะการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกโดยเปรียบเทียบกับเรือนกระจกที่ใช้ในการเกษตร ความสำคัญของปรากฏการณ์เรือนกระจกในสภาวะปกติตามธรรมชาติ

2.2 ชั้นของบรรยากาศ ชั้นบรรยากาศของโลกแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่ บรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ สตราโทสเฟียร์ เมโซสเฟียร์ และเทอร์โมสเฟียร์หรือไอโอโนสเฟียร์ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและระดับความสูงจากพื้นดินของชั้นบรรยากาศแต่ละชั้น และก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศ

2.3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก โลกรับพลังงานจากดวงอาทิตย์โดยการดูดกลืนทำให้ผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ขณะเดียวกันโลกก็แผ่รังสีความร้อนที่เป็นอุณหภูมิก่อตัวจากผิวโลกให้โลกมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งกระบวนการทั้งสองอยู่ในสภาวะสมดุลกันพอดี

2.4 ก๊าซเรือนกระจก ก๊าซเรือนกระจกได้แก่ ก๊าซมีเทน โอโซน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ออกไซด์ อื่นๆของไนโตรเจน และสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน แหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ

2.5 การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ โอโซนเกิดจากปฏิกิริยาเคมีเนื่องจากแสงทำให้โมเลกุลออกซิเจนแตกตัวเป็นออกซิเจนในสภาวะเร่งไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลออกซิเจนอื่นได้เป็นก๊าซโอโซน ปฏิกิริยาการเกิดโอโซนอาจเกิดจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ได้อีกด้วย การเกิดช่องโหว่โอโซนเกิดจากการทำลายโดยสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และคลอรีน เป็นต้น

2.6 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ผลกระทบด้านเกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศของโลก การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคม ผลกระทบจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต

2.7 การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก อาจทำได้ 2 แนวทางตามแหล่งกำเนิด คือ ควบคุมการใช้เชื้อเพลิง และควบคุมการผลิตสารที่ใช้ในอุตสาหกรรม เป็นต้น

3. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และกำหนดเนื้อหา เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

4. ออกแบบเนื้อหาบทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมจากเนื้อหาที่แบ่งออกเป็น 7 หน่วยเรียน นำแต่ละหน่วยเรียนมาเขียนเป็นกรอบเรื่องราว (Story Board) ก่อนที่จะสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ซึ่งมีลักษณะดังนี้

4.1 บทนำ เป็นการแนะนำการใช้บทเรียน

4.2 ในแต่ละกรอบเนื้อหาจะมีปุ่มกดได้แก่

- ปุ่มกดเพื่อให้แสดงเนื้อหากรอบต่อไป
- ปุ่มกดเพื่อให้ย้อนกลับไปยังเนื้อหากรอบที่ผ่านมา
- ปุ่มกดเพื่อให้แสดงภาพเคลื่อนไหว
- ปุ่มกดเพื่อออกจากโปรแกรม
- ปุ่มกดคำตอบที่ต้องการเลือก

4.3. การนำเสนอเนื้อหาจะมีภาพประกอบ ทั้งภาพกราฟิกแบบนิ่งและภาพกราฟิกแบบมีการเคลื่อนไหว

5. เขียนกรอบเรื่องราวตามโครงสร้างที่วางไว้ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 5 คน ประเมินและตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องด้านความเหมาะสมของภาษา ความเที่ยงตรงของเนื้อหา จุดประสงค์ และแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินผลในแบบประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ผู้วิจัยดัดแปลงรูปแบบของแบบประเมินมาจาก ฮากิม พงษ์ยี่หล้า (2540 : 98-99) จากนั้นนำผลการประเมินมาปรับปรุงแก้ไข

แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน

แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนเป็นแบบฝึกหัดชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการประเมินค่า ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างและเทคนิคการเขียนข้อสอบ (ชวาล แพร์ตกุล. 2520 : 1-16)

2. วิเคราะห์เนื้อหาแต่ละหน่วยเรียนและจุดประสงค์การเรียนรู้

3. ดำเนินการสร้างแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน โดยเป็นข้อสอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 70 ข้อ เนื่องจากเนื้อหา เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมในครั้งนี้ เป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเพิ่มเติมเกือบทั้งหมด ซึ่งยังมิได้มีการจัดให้มีการเรียนการสอนตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง 2533) ทำให้ไม่สามารถหานักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหาเดียวกันนี้มาทำการทดลองหาคุณภาพของแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบฝึกหัดไปให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือจำนวน 5 คน

ตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องด้านความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาที่ใช้เขียนแบบฝึกหัดและความถูกต้องตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมเนื้อหา ระดับความยากง่ายของแบบฝึกหัดโดยพิจารณาจากผลการประเมินแต่ละข้อของผู้เชี่ยวชาญ 3 ใน 5 คนขึ้นไป ซึ่งแสดงว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องได้ค่าตั้งแต่ .60 ขึ้นไป สำหรับบางข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ผู้วิจัยจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องเหมาะสม ตามคำแนะนำของคณะผู้เชี่ยวชาญ

4. เลือกแบบฝึกหัดที่ผ่านการประเมินจากคณะผู้เชี่ยวชาญจำนวน 40 ข้อ แล้วนำไปเขียนเป็นกรอบเรื่องราวในส่วนท้ายของหน่วยเรียน(ตามขั้นตอนในส่วนเนื้อหาของเนื้อหาบทเรียน)

ขั้นการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ดำเนินการโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ประเภท PC ขนาด 64 บิต CPU AMD K6-II 450 MHz หน่วยความจำ 64 MB(100 MHz) ฮาร์ดดิสก์ขนาด 4.3 GB การ์ดเสียง 16 BIT การ์ดจอแบบ AGP 4 MB จอภาพ SVGA ขนาด 15 นิ้ว เครื่องอ่าน CD-ROM 40x ลำโพง และไมโครโฟน

2. อุปกรณ์สร้างสื่อประสม และอุปกรณ์บันทึกข้อมูล ได้แก่ แผ่นเก็บข้อมูล (CD-ROM) เครื่องบันทึกแผ่นซีดี (CD-ROM Writer) เครื่องสแกนภาพ (Scanner)

ด้านซอฟต์แวร์ (Software)

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมครั้งนี้ ได้แก่

1. โปรแกรมหลัก ใช้โปรแกรม ออเธอร์แวร์ โปรเฟสชันแนล เวอร์ชัน 4.0 ในการสร้างและนำเสนอ

2. โปรแกรมเสริม ได้แก่ โปรแกรม Adobe Photoshop เวอร์ชัน 5.0 Adobe Premier 6.0 และโปรแกรม Sonique ซึ่งทั้งหมดเป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างสื่อประสม เช่น ภาพกราฟิก เสียง และตัดต่อวีดิทัศน์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม โดยใช้อุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. เลือกและบันทึกเสียงต่างๆ ที่ใช้ประกอบโปรแกรมบทเรียน
2. บันทึกและตัดต่อวีดิทัศน์ที่ใช้ประกอบโปรแกรมบทเรียน
3. สร้างโปรแกรมบทเรียนด้วยโปรแกรม ออเธอร์แวร์ โปรเฟสชันแนล เวอร์ชัน 4.0 ตามกรอบเรื่องราว (ดูตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมในภาคผนวก จ หน้า 15)
4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม เช่น ปุ่มคำสั่งต่างๆ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง
5. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่สร้างขึ้น ไปทำการทดลองเพื่อหาข้อบกพร่องกับกลุ่มตัวอย่าง (การทดลองชั้น 1 ต่อ 1) โดยใช้กับผู้เรียน 3 คน
6. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

7. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่สร้างขึ้น ไปทำการทดลองเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องครั้งที่ 2 (การทดลองขั้น 1 ต่อ 10) โดยใช้กับผู้เรียน 9 คน
8. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและทดสอบการทำงาน
9. นำโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปให้คณะกรรมการที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ประเมินตรวจสอบและปรับแก้ตามคำแนะนำ
10. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 (การทดลองขั้นหาประสิทธิภาพบทเรียน)

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยแบ่งพฤติกรรมที่จะวัดออกเป็น 4 ด้านได้แก่ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการประเมินค่า ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างและเทคนิคการเขียนข้อสอบ (ชวาล แพรัตกุล. 2520 : 1-40)
2. ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้
3. นำข้อมูลที่ได้นำมาดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นข้อสอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 70 ข้อ เนื่องจากเนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมในครั้งนี้ เป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเพิ่มเติมเกือบทั้งหมด ซึ่งยังมีได้มีการจัดให้มีการเรียนการสอนตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ทำให้ไม่สามารถหานักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหาเดียวกันนี้มาทำการทดลองหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบทดสอบไปให้คณะผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือ จำนวน 5 คน ตรวจสอบเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องด้านความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาที่ใช้เขียนข้อสอบและความถูกต้องตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมเนื้อหา โดยพิจารณาจากผลการประเมินข้อสอบแต่ละข้อของผู้เชี่ยวชาญ 3 ใน 5 คนขึ้นไป ซึ่งแสดงว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องได้ค่าตั้งแต่ .60 ขึ้นไป สำหรับบางข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีความถูกต้องเหมาะสม ตามคำแนะนำของคณะผู้เชี่ยวชาญ
4. นำแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด จัดทำเป็นฉบับแล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
5. นำคะแนนจากการทำแบบทดสอบในข้อ 4 มาตรวจให้คะแนน เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม มีการหาประสิทธิภาพและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น โดยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนาที่ดัดแปลงมาจากรูปแบบของบอร์กและกอล (Borg and Gall, 1979 : 772-798) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัยและขั้นตอนการทดลองดังนี้

แบบแผนการวิจัย

การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและสอบหลัง (One Group Pretest Posttest Design) และการทดลองเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยที่มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแบบสุ่มและมีการสอบครั้งแรกกับสอบครั้งหลัง (Randomized Control Group Pretest Posttest Design) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538 : 60-62) ซึ่งมีรูปแบบดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แบบแผนการวิจัย

การทดลอง	กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
-หาประสิทธิภาพ บทเรียน	RE	T ₁	X	T ₂
-ศึกษาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	RE	T ₁	X	T ₂
	RC	T ₁	~X	T ₂

T ₁	แทน	การสอบก่อนเรียน
T ₂	แทน	การสอบหลังเรียน
X	แทน	การให้กลุ่มตัวอย่างทดลอง
~X	แทน	ไม่มีการทดลอง
RE	แทน	กลุ่มทดลอง
RC	แทน	กลุ่มควบคุม

การทดลองเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
ขั้นตอนในการทดลองเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ
สื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก แบ่งออกเป็น การทดลองดังนี้

1. การทดลองขั้น 1 ต่อ 1 เป็นการนำบทเรียนที่สร้างขึ้นไปทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่องด้าน
ต่างๆ และนำมาปรับปรุงแก้ไข โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่สร้างขึ้น ไป
ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน โดยแบ่งตามระดับความสามารถของผู้เรียนคือ สูง ปานกลาง
และอ่อน เป็น 1 : 1 : 1 ให้ใช้คอมพิวเตอร์ 1 คน ต่อ 1 เครื่อง ประเมินโดยใช้แบบประเมินโปรแกรม
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ดัดแปลงรูปแบบมาจาก ฮากิม พงษ์ยี่หล้า (2540 :
134-135) และสังเกตหาข้อบกพร่อง เก็บข้อมูลแล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

2. การทดลองขั้น 1 ต่อ 10 เป็นการทดลองเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือและทดสอบ
เครื่องมือกับกลุ่มย่อย โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ได้แก้ไขปรับปรุงจากการ
ทดลองครั้งแรก ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน โดยแบ่งตามระดับความสามารถของผู้เรียน
คือ สูง ปานกลาง และอ่อน เป็น 3 : 3 : 3 ใช้คอมพิวเตอร์ 1 คน ต่อ 1 เครื่อง ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล
โดยให้ผู้เรียนประเมินโดยใช้แบบประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมและ
สังเกตข้อบกพร่องแล้วนำไปปรับปรุง จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 5 คน
ตรวจสอบโดยใช้แบบประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม นำผลการ
ประเมินมาปรับปรุงแก้ไขจนสมบูรณ์ และทำการบันทึกบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
ลงแผ่น CD-ROM แล้วจึงนำไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพต่อไป

3. การทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียน เป็นการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ผ่านการทดลองขั้น 1 ต่อ 10 แล้ว นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง
เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมตามเกณฑ์ 80/80 โดย
นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พัฒนา
ขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 25 คน โดยให้กลุ่มทดลองทำแบบทดสอบก่อนเรียน เว้นระยะ
เวลา 2 สัปดาห์แล้วให้กลุ่มทดลองเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาแล้ว
ให้ผู้เรียนใช้คอมพิวเตอร์ 1 คน ต่อ 1 เครื่อง เมื่อเรียนครบทุกหน่วยเรียนแล้วให้กลุ่มทดลองทำแบบ
ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกครั้งหนึ่ง นำผลจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนก่อนและหลังการเรียน แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนของกลุ่มทดลองไปตรวจให้คะแนนเพื่อใช้วิธี
การทางสถิติหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มจากการทำแบบฝึกหัด
ท้ายหน่วยเรียน รวมทุกหน่วยเรียนคิดเป็นร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มจากการทำแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนคิดเป็นร้อยละ 80

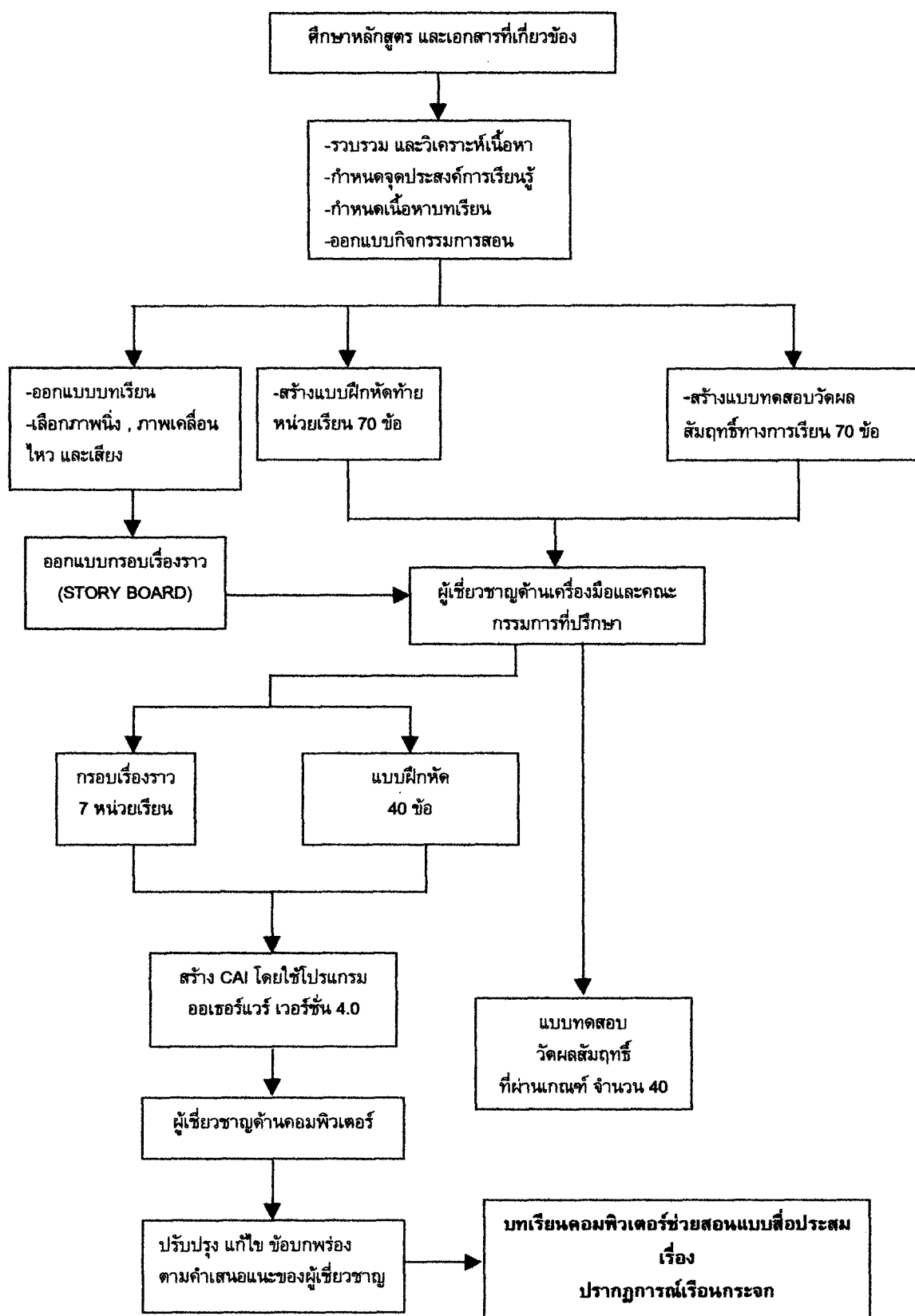
นำคะแนนจากการทำแบบทดสอบไปหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ เป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 27% ของจุ่ง เตห์ ฟาน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 129-130) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งชุด โดยใช้สูตรคำนวณดัชนีค่าอำนาจจำแนก (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2539 : 186)

การทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียน โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม และแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 25 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน โดยก่อนเรียนให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เว้นระยะเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นให้กลุ่มทดลองเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้นักเรียนใช้คอมพิวเตอร์ 1 คนต่อ 1 เครื่อง ส่วนกลุ่มควบคุมไม่ต้องเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เมื่อกลุ่มทดลองเรียนจนครบทุกหน่วยเรียนแล้ว ให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกครั้งหนึ่ง ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมดของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สูตร t-test แบบ Dependent Sample (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2537 : 201-205)

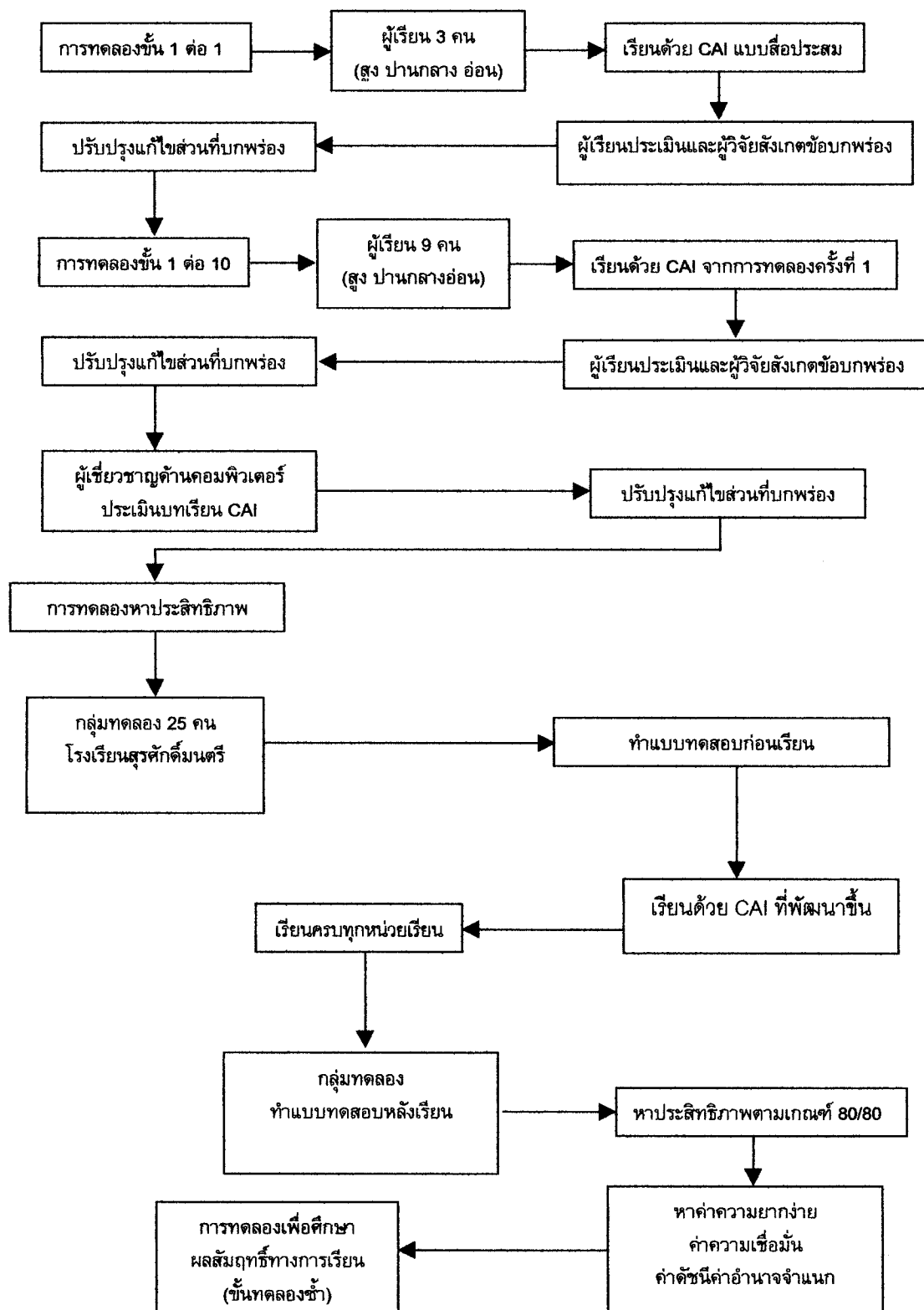
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยมีการหาประสิทธิภาพและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ซึ่งมีรายละเอียดระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

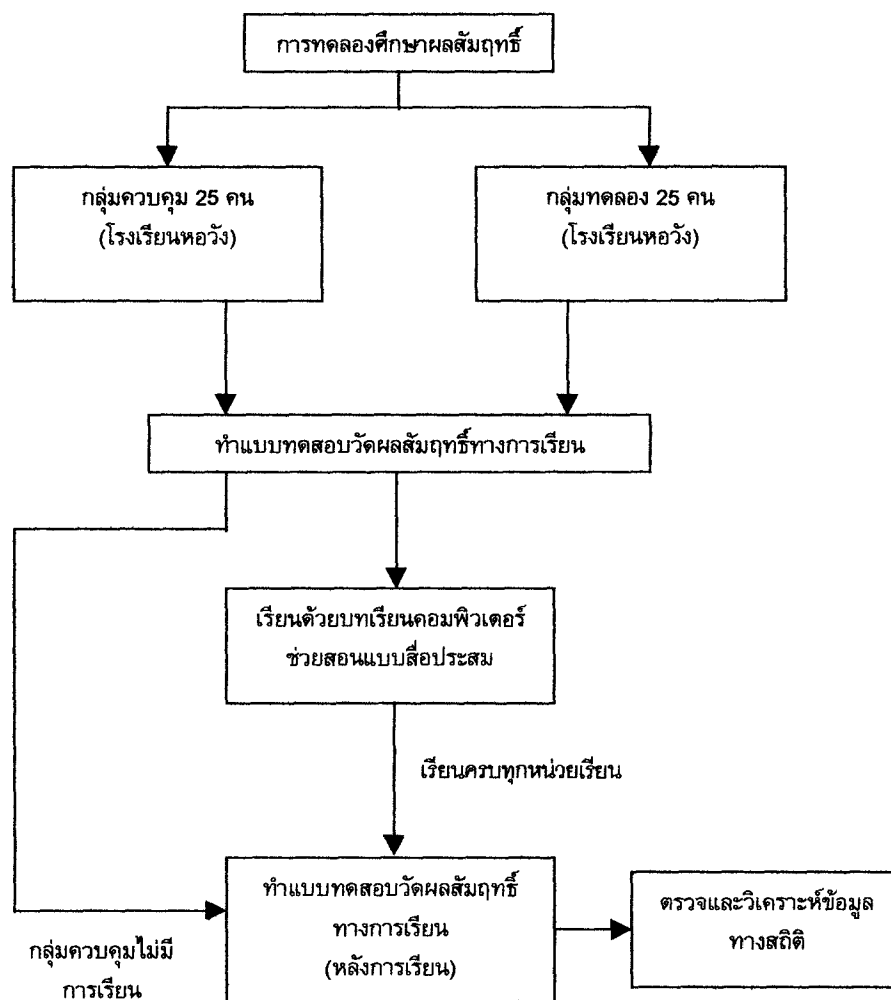
1. การสร้างและพัฒนาเนื้อหา เดือนมีนาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2542
2. การสร้างและพัฒนาโปรแกรมบทเรียน เดือนกันยายน พ.ศ. 2542 - เมษายน พ.ศ. 2543
3. การทดลองชั้น 1 ต่อ 1 เดือนพฤษภาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543
4. การทดลองชั้น 1 ต่อ 10 เดือนมิถุนายน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543
5. การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก เดือนกรกฎาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 ใช้เวลาในการทดลอง 6 คาบ คาบละ 50 นาที
6. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เดือนกรกฎาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 ใช้เวลาทดลอง 6 คาบ คาบละ 50 นาที



ภาพประกอบ 5 แผนผังการดำเนินการศึกษาและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก



ภาพประกอบ 6 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน



ภาพประกอบ 6 (ต่อ)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน ประกอบด้วยหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และหาค่าความแปรปรวนของคะแนน (S^2)

1.1 หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) คำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 137-138)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความแปรปรวน (S^2) คำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 142)

$$\text{สูตร} \quad S^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
 X แทน คะแนนแต่ละตัว

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

2.1 หาค่าความยากง่าย (p) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน โดยใช้เทคนิค 27% ของจุง เดห์ ฟาน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 129-130)

$$\text{สูตร} \quad p = \frac{R}{N}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
 R แทน จำนวนผู้ตอบถูกแต่ละข้อ
 N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

$$\text{สูตร} \quad r = \frac{Ru - Re}{N/2}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
 Ru แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
 Re แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

2.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 123)

$$\text{สูตร} \quad r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อ
 p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ = $\frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูกต้อง}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$
 q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = $1 - P$
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2.3 การวิเคราะห์หาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับลักษณะพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IC : Index Congruence) จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 117)

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

เมื่อ IC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม ของบทเรียน
 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ สื่อประสมตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/ 80 ประยุกต์จากสูตร E1/E2 (เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต .2528 : 294-295)

$$E1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

$$E2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ	E1	แทน 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน รวมทุกหน่วยเรียนคิดเป็นร้อยละ 80
	E2	แทน 80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนคิดเป็นร้อยละ 80
	$\sum X$	แทน คะแนนรวมของกลุ่มตัวอย่างจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนระหว่างเรียน
	$\sum Y$	แทน คะแนนรวมของกลุ่มตัวอย่าง จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ภายหลังการเรียนเนื้อหาครบถ้วนทุกหน่วยเรียนแล้ว
	N	แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	A	แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายเนื้อหา
	B	แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน

4. สถิติที่ใช้ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สถิติที่ใช้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ใช้สูตร t-test แบบ Dependent Sample (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2537 : 201-205)

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

เมื่อ	t	แทน	ผลความแตกต่างระหว่างคะแนน จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง
	ΣD	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง
	ΣD^2	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนกับหลังเรียนยกของกลุ่มตัวอย่างยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก มีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังนี้

ผลการทดลองเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

1. ผลการทดลองชั้น 1 ต่อ 1

การทดลองชั้น 1 ต่อ 1 ซึ่งได้ดำเนินการดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้ผลการทดลองเป็นสรุปผลการประเมินดังนี้

1. ข้อความในกรอบเนื้อหาบางส่วนพิมพ์ผิด
2. ข้อความบางตอนในกรอบเนื้อหาไม่ชัดเจน ทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาทั้งกรอบ
3. ภาพประกอบบางภาพมองเห็นไม่ชัดเจนควรมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงให้ดีขึ้น
4. การทำงานของปุ่มคำสั่งบางปุ่ม ในบางกรอบเนื้อหาไม่สามารถใช้งานได้
5. ข้อความคำแนะนำในหน้าสุดท้ายเมื่อเรียนจบหน่วยเรียนยังไม่ถูกต้อง
6. การแสดงภาพบางกรอบใช้เวลานานเกินไป
7. เสียงบรรยายประกอบไม่ตรงกับข้อความในกรอบเนื้อหาบางกรอบ
8. แบบฝึกหัดใช้เวลาในการเปลี่ยนข้อนานจนเกินไป
9. ผู้เรียนไม่ได้คลิกปุ่มข้อความ"ศึกษารายละเอียด" ทำให้ศึกษาเนื้อหาไม่ครบทุกกรอบ

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในข้างต้น และได้ทำการทดสอบการทำงานก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

2. ผลการทดลองชั้น 1 ต่อ 10

การทดลองชั้น 1 ต่อ 10 ซึ่งได้ดำเนินการดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้ผลการทดลองเป็นสรุปผลการประเมินดังนี้

1. แก๊วสีของพื้นหลังจากเดิมสีดำให้เป็นสีที่ใกล้เคียงกับสีขาวหรือสีที่มีความสว่างมากขึ้น และแก๊วสีของตัวอักษรที่ต้องการเน้นให้มีความชัดเจนมากขึ้น

2. แก้ไขลำดับการออกจากโปรแกรมให้ถูกต้อง เช่น เมื่อคลิกปุ่มออกในเมนูแบบฝึกหัด ควรกำหนดให้กลับไปเมนูหลักก่อน และเมื่อคลิกปุ่มออกในทุกกรอบเนื้อหาให้กลับไปยังเมนูหลัก ก่อนที่จะออกจากบทเรียนทุกครั้ง

3. แก้ไขคำแนะนำบางหน้าให้ถูกต้อง
4. ปรับปรุงลำดับการลบตัวอักษรในแต่ละกรอบ บางหน้าลบไม่หมด
5. ปรับปรุงบทเรียนให้สามารถออกจากบทเรียนได้ทุกกรอบเนื้อหา
6. แก้ไขคำผิดเช่น ปรากฏการณ์ เป็น ปรากฏการณ์ เป็นต้น
7. ปรับปรุงระบบการคำนวณคะแนนในแบบฝึกหัดให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
8. เพิ่มคำตอบเฉลยในแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนทุกหน่วยเรียน
9. ปรับปรุงลำดับการปรากฏของภาพให้ปรากฏรวดเร็วขึ้นกว่าเดิม
10. ปรับปรุงระบบเปิดโปรแกรมอัตโนมัติ (Auto Run) เนื่องจากไม่สามารถใช้งานได้
11. ตัดเนื้อหาบางส่วน ที่อยู่ในส่วนของแนะนำบทเรียนออก
12. แก้ไขเสียงบรรยายประกอบบางหน้าให้ถูกต้องและชัดเจน
13. ปรับปรุงพื้นหลังเมนูหลักและเมนูแบบฝึกหัดใหม่

3. ผลการทดลองขึ้นการหาประสิทธิภาพบทเรียน

การทดลองครั้งนี้ เป็นการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ที่ผ่านการทดลองขั้น 1 ต่อ 10 ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ผลการทดลองที่ได้ปรากฏดังนี้

ตาราง 9 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

เครื่องมือ						ประสิทธิภาพ เกณฑ์ 80/80
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน			แบบทดสอบหลังเรียน			
กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{X}$	ร้อยละ	กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{X}$	ร้อยละ	
25	35.48	88.7	25	32.4	81	88.7/81

จากตาราง 9 คะแนนของกลุ่มตัวอย่างจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนรวมทุกหน่วยเรียนและแบบทดสอบหลังการเรียนรู้โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 88.7 และร้อยละ 81 ตามลำดับหรือคิดเป็นประสิทธิภาพ 88.7/81 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และพบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริง (ดูตาราง 31 หน้า 144)

ผลการทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เป็นการทดลองนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ผ่านการหาประสิทธิภาพของบทเรียนแล้วไปทดลองซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มใหม่เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยดำเนินการทดลองดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ใช้วิธีการทางสถิติ t-test แบบ Dependent Sample ซึ่งผลการทดลองที่ได้ปรากฏดังนี้

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบ	N	$\bar{X}$	SD	T
ทดลอง	ก่อนการเรียนรู้	25	20.24	4.59	14.96**
	หลังการเรียนรู้		32.24	3.84	
ควบคุม (ไม่มีการเรียน)	ทดสอบครั้งแรก	25	19.8	3.60	2.31
	ทดสอบครั้งหลัง		21.28	5.05	

t (.01 , 2.797)** มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากตาราง 10 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและการหลังการเรียนรู้แตกต่างกัน (ดูตาราง 32 หน้า 145) โดยค่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน

ข้อที่ 2 ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุม จากการทำแบบทดสอบครั้งแรกกับการทดสอบครั้งหลังมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 2 ครั้งไม่แตกต่างกัน (ดูตาราง 33 หน้า 146) เนื่องจากไม่ได้มีการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมซึ่งสามารถสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริง โดยไม่มีปัจจัยภายนอกอื่น เช่น การเรียนรู้เนื้อหา เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกจากสื่อต่างๆ ด้วยตนเองของนักเรียน เช่น สื่ออินเตอร์เน็ต โทรศัพท์ วิทยุทัศน์และสื่ออื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก มีการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็นลำดับ ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก กับหลังการเรียน แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี โปรแกรมการเรียนคณิต-อังกฤษและอังกฤษ-ฝรั่งเศส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

ตอนที่ 2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหอวัง โปรแกรมการเรียนคณิต-อังกฤษ อังกฤษ-ฝรั่งเศส และอังกฤษ-เยอรมัน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัย 3 จำพวก ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เครื่องมือที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพบทเรียน และเครื่องมือที่ใช้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีรายละเอียดดังปรากฏในบทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 โดยใช้สถิติที่ประยุกต์จากสูตร E1/E2 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528 : 294-295) และทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนโดยใช้สูตร t-test แบบ Dependent Sample

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก กับหลังการเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัยที่สรุปไว้ข้างต้น สามารถอภิปรายผลการวิจัยตามลำดับได้ดังนี้

1. สมมติฐานข้อที่ 1 ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ว่า "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80" ซึ่งจากผลการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้กล่าวคือ เมื่อนำคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมาวิเคราะห์ทางสถิติ ผลปรากฏว่า ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนที่คำนวณได้มีค่า 88.7/81 (ดูตาราง 9 หน้า 79) แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการวิจัยและพัฒนาอย่างมีระบบซึ่งปรับปรุงมาจากรูปแบบการวิจัยและพัฒนาของบอร์กและกอล (Borg and Gall. 1979 : 771-798) ทำให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (ดูตารางหน้า 79) จึงเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการนำไปใช้และให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของบรรจบ สุขประภาภรณ์ (2534 : บทคัดย่อ) บุญสืบ พันธุ์ดี (2537 : บทคัดย่อ) และวันเพ็ญ เขียนเอี่ยม (2539 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

1.2 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้จิตวิทยาการเรียนรู้ลงในบทเรียน ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมสามารถช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจได้อีกทางหนึ่ง ขณะที่ทำการทดลองผู้วิจัยยังสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกับบรรยากาศของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งแตกต่างจากการเรียนการสอนตามปกติ เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นสามารถย้อนกลับไปเรียนเนื้อหาเดิมได้ มีการแสดงผลการทำแบบฝึกหัดย้อนกลับทันที และนักเรียนมีความเป็นอิสระในการใช้เวลาเรียนตามความสามารถของแต่ละบุคคล ซึ่งตรงกับงานวิจัยของวอร์เนอร์ และเบิร์น (รัชชศิลป์ แผ่นตระกูล. 2528 ; อ้างอิงมาจาก Warner. 1981 ; Burns. 1982) ที่กล่าวไว้ว่า การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนจะได้ผลดียิ่งขึ้น เพราะในบทเรียนคอมพิวเตอร์นักเรียนสามารถย้อนกลับมาศึกษาใหม่ได้ตามความต้องการโดยไม่มีแรงกดดันจากกลุ่มเพื่อน และไม่มีอารมณ์ผู้สอนเข้ามาเกี่ยวข้อง อีกทั้งการแสดงผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดจะช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น และสนใจเนื้อหามากขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประสิทธิ์ สารภี (2521 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า การแสดงผลย้อนกลับในทันทีจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างชัดเจน

1.3 เนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก ส่วนหนึ่งจะกล่าวถึงสิ่งที่มีลักษณะเป็นนามธรรมสูงเช่น รังสีความร้อน อะตอม และโมเลกุลเป็นต้น ซึ่งหากเป็นการเรียนการสอนตามปกติอาจทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้ยาก แต่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นซึ่ง

เป็นนวัตกรรมใหม่อันประกอบไปด้วยเสียงบรรยาย เสียงดนตรี อักษร ภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง กราฟ และภาพวิดิทัศน์ นักเรียนสามารถกดปุ่มให้แสดงภาพเคลื่อนไหวได้หลายครั้งตามความต้องการ จึงช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมได้ง่ายยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ทิพย์อาภา บุญรัตน์ (2531 : 54) ที่กล่าวว่า การใช้นวัตกรรมในการศึกษาจะช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ มธุรส จงชัยกิจ (2539 : บทนำ) กล่าวไว้ว่า การนำเสนอเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ รูปแบบของการตอบสนอง โดยเฉพาะการประเมินผล ภาพเคลื่อนไหว เสียงดนตรี และคำอธิบาย จะช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมนี้มีประสิทธิภาพและช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

1.4 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนที่สามารถเลือกตอบคำถามได้ 2 ครั้ง เมื่อนักเรียนเลือกตอบคำถามจะมีเสียงและตัวอักษรข้อความเสริมแรงโต้ตอบทันที ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเกิดความสนุกสนานกับการเรียนมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเลือกทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนได้ทันทีที่เรียนเนื้อหาแต่ละหน่วยจบ ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นจึงช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชรี ปุตะเรศณี (2535 : 59-61) ที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า คะแนนการทดสอบหลังการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่า กลุ่มตัวอย่างที่เรียนจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเอง และค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากเอกสารวิชาการด้วยตนเอง จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และใช้เป็นบทเรียนเสริมหลักสูตรได้

2. สมมติฐานข้อที่ 2 ผู้วิจัยตั้งไว้ว่า “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกกับหลังการเรียน มีความแตกต่างกัน” ซึ่งจากผลการทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียน ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมของกลุ่มทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ส่วนคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครั้งแรกของกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกับครั้งหลังอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อาภรณ์ อัยรักษ์ (2530 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง “ความน่าจะเป็นเบื้องต้น” ช่วยให้ผู้เรียนซึ่งเป็นนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาพาณิชยการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการทดลองที่ได้อาจเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

จากการทดลองพบว่า คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน (ดูตาราง 10 หน้า 80) คือ กลุ่มทดลอง

มีคะแนนการทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ย 20.24 และกลุ่มควบคุมมีคะแนนการทดสอบครั้งแรกเฉลี่ย 19.8 นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่า นักเรียนหลายคนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำคะแนนได้อยู่ในเกณฑ์ดี (ดูตาราง 31 และ 32 หน้า 144-145) และจากการสังเกตและสอบถามกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นเนื้อหาที่ได้มีการเผยแพร่ทางสื่อต่างๆ อยู่บ้าง จึงมีส่วนทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้จากสื่อต่างๆ เหล่านั้นมาบ้างทำให้คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและคะแนนจากการทำแบบทดสอบครั้งแรกของกลุ่มควบคุมอยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากนี้ยังพบว่า คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมในการทดสอบครั้งแรกกับครั้งหลัง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มควบคุมไม่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น ผู้เรียนจึงไม่เกิดการเรียนรู้เนื้อหาเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมของกลุ่มทดลองที่สูงขึ้น เกิดจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจริงโดยไม่มีปัจจัยภายนอกอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ก่อนที่จะให้นักเรียนใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก นั้น ผู้สอนควรให้เวลานักเรียนประมาณ 5-10 นาที เพื่อสาธิตและให้นักเรียนได้ศึกษาในส่วนของ “แนะนำบทเรียน” โดยให้คลิกที่ปุ่ม “แนะนำบทเรียน” ในเมนูหลัก เมื่อนักเรียนได้ศึกษาส่วนประกอบและการทำงานของโปรแกรมในแนะนำบทเรียนจบแล้ว จะช่วยให้นักเรียนสามารถใช้บทเรียนได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น
2. ในขณะที่นักเรียนใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมอยู่นั้น ผู้สอนควรอยู่ดูแลคอยให้คำแนะนำช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาระหว่างเรียน อีกทั้งควรคอยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน เพื่อประเมินผลนักเรียนอีกทางหนึ่งด้วย
3. ควรมีการบันทึกความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละคาบว่าเรียนได้ถึงหน่วยเรียนใด ผลการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนเป็นอย่างไร มีการพัฒนาหรือไม่ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจเรียน และรู้จักรับผิดชอบตัวเองมากยิ่งขึ้น
4. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เป็นสื่อการสอนชนิดหนึ่งที่สามารถสนองตอบความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี หากผู้ผลิตสามารถออกแบบการทำงานของบทเรียนได้สวยงามและมีประสิทธิภาพด้วยแล้ว จะเป็นสื่อที่ช่วยให้นักเรียนได้รับประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. การเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมจะต้องอาศัยทักษะในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้

รวดเร็วยิ่งขึ้น จึงควรที่จะบรรจุรายวิชาเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์เบื้องต้นไว้ในหลักสูตรมัธยมศึกษา เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจและเกิดทักษะเพียงพอในการใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนและในชีวิตประจำวัน

6. ด้านฮาร์ดแวร์ เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น เป็นแบบสื่อประสม เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จึงควรที่จะมีอุปกรณ์สื่อประสมครบตามความต้องการของโปรแกรม เช่น แม่สี การ์ดเสียง จอสีแบบSVGA หูฟังที่สามารถเพิ่มและลดเสียงได้ในตัว เพื่อให้การเรียนการสอนมีความสมบูรณ์แบบและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7. ปัจจุบันพบว่ามีโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นก่อนที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรที่จะศึกษาให้ทราบถึงศักยภาพของโปรแกรมเหล่านั้นว่า มีความสามารถและมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใดในการที่จะนำมาใช้พัฒนาบทเรียนตามที่ได้ออกแบบไว้

8. หน่วยงานและสถานศึกษาต่างๆ ควรที่จะมีการส่งเสริมด้านวัสดุอุปกรณ์ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สื่อประสม เครื่องอ่านภาพ เครื่องบันทึกแผ่นซีดีรอม เป็นต้น เพื่อที่จะเป็นการเอื้อต่อการสร้างสื่อการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพมากที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

1. ในส่วนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จากตารางหน้า 126 จะเห็นว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากเป็นค่าที่ได้จากคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองในการทดลองครั้งที่ 3 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำคะแนนได้อยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก เมื่อผู้วิจัยนำคะแนนดังกล่าวมาวิเคราะห์แบบทดสอบทางสถิติจึงทำให้ ค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ระดับ 0.3 ซึ่งต้องมีการปรับปรุงแบบทดสอบนี้ในการทดลองครั้งต่อไป โดยน่าที่จะมีการนำแบบทดสอบไป Tryout กลับกลุ่มตัวอย่างที่ได้ผ่านการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมในการทดลองครั้งนี้ต่อไป

2. ควรมีการศึกษาวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเพิ่มเติมให้มีความหลากหลายในสาขาวิชาและระดับต่างๆ ให้มากยิ่งขึ้น

3. นอกจากโปรแกรมหลักที่ผู้วิจัยใช้ในการสร้างและนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว ผู้วิจัยควรที่จะศึกษาโปรแกรมเสริมต่างๆ เพิ่มเติม เช่น โปรแกรม Adobe Photoshop ,Adobe Premier , 3D Studio Max และ Macromedia Flash 4.0 เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมเสริมดังกล่าวจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ให้มีประสิทธิภาพและมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

4. ควรมีการวิจัยและพัฒนาารูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบประกอบการทดลอง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมส์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

5. หากเป็นไปได้ผู้วิจัยควรใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อประสมต่างๆ ที่มีความทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เช่น การ์ดเสียง (Sound Card) ควรใช้ขนาด 16

บิต ขึ้นไปเพราะจะทำให้ได้เสียงมีคุณภาพและความชัดเจนขึ้นมากกว่าขนาด 8 บิต เครื่องอ่านภาพ (Scanner) ควรเป็นเครื่องที่สามารถอ่านและจัดเก็บความละเอียดของภาพได้สูง ซึ่งจะช่วยให้ได้ภาพที่มีความคมชัดมาก ผู้วิจัยควรใช้ซีพียู (CPU) ที่ทันสมัยและมีความเร็วในการประมวลผลสูงเช่น AMD K6 II,III 400 หรือ PENTIUM II,III 400 ขึ้นไปจะช่วยให้การประมวลผลโปรแกรมโดยเฉพาะในส่วน ของภาพกราฟิก และภาพวีดิทัศน์รวดเร็วยิ่งขึ้น เป็นต้น

6. ก่อนที่จะนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ควรมี การสำรวจและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์สื่อประสมที่จะใช้ทดลอง หากเป็นไปได้ควรมีการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบก่อนหากพบว่ามี ปัญหาจะช่วยให้สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ก่อนนำไปใช้จริง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กนกจันทร์ พัฒนพิชัย. “ผลกระทบเรือนกระจก : ความโหดร้ายของธรรมชาติหรือของมนุษย์,”

ห้องสมุด. 35(3) : 38-40 ; กรกฎาคม-กันยายน 2534.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : มิตรภาพการพิมพ์, 2537.

ขนิษฐา ชานนท์. “เทคโนโลยีการศึกษาคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน,” เทคโนโลยีทางการศึกษา.

1 (1) : 7-13 ; เมษายน-มิถุนายน 2532.

करचित्त มาลัยวงศ์. “อนาคตของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน,” ไมโครคอมพิวเตอร์. (36) : กุมภาพันธ์ 2531.

_____ . ทัศนะไอที. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2540.

จักรภาพ ศรีงาม. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดสมการและอสมการ. ปรินิพนธ์

กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2539. อัดสำเนา.

จันทนา บุญยาภรณ์. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียน

เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุวิทย์วิทยา จังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2538. ปรินิพนธ์

กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2539. อัดสำเนา.

จิรพัฒน์ ชัยพร. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการใช้บทเรียนแบบไฮเปอร์เท็กซ์ วิชา ฟิสิกส์ เรื่อง

ปรากฏการณ์เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสตึก จังหวัดบุรีรัมย์.

วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539. อัดสำเนา.

ชาวล แพรัตกุล. เทคนิคการเขียนข้อสอบ. ม.ป.ท. , 2520.

ชูศรี วงศ์รัตน. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6 . กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทร

วิโรฒ ประสานมิตร, 2537.

ฐาปณีย์ ธรรมเมธา. อัตราเวลาในการอ่านข้อความบนจอคอมพิวเตอร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่

6 ที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านต่างกัน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย, 2532. อัดสำเนา.

ถนอมพร เลหาจรัสแสง. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติศึกษา คณะครุศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ทักษิณา สวานนท์. “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI),” คอมพิวเตอร์วิจัย. 3 (32) : 56-67 ; กันยายน

2529.

ธนพัฒน์ ถึงสุข และ ชเนนทร์ สุขวารี. เปิดโลกมัลติมีเดีย. กรุงเทพฯ : โอบีซพัลลิซิ่ง, 2538.

ธวัชชัย งามสันติวงศ์. มัลติมีเดีย (ทูลบุคส์) ToolBook. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย, 2540.

ธีระ ปิยะคุณากร. “มัลติมีเดีย,” ประสบการณ์ DTP TIPS & TECHNIQUE. หน้า 322-335. เล่ม 3.

ชมรมการจัดพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ไทย, ม.ป.ป.

- นุชรี ปุตระกูล. ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ) เพื่อเสริมในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาแพทย์ ชั้นปีที่ 5 ในสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล. วิทยานิพนธ์ วท.ม.กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2535. อัดสำเนา.
- นัทธีรา สรรมณี. เคมีสิ่งแวดล้อม. นครปฐม : ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร , 2541.
- บรรจบ สุขประภาภรณ์. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่เสนอภาพกราฟิกและเสียง เรื่อง ลอจิกเกต. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2534. อัดสำเนา
- บุญสืบ พันธุ์ดี. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2536.
- บุปผชาติ ทัททิกรณ์. "แนวคิดของการสอนด้วย CAI," ก้าวไกล. 4(10) : 92-93 ; กุมภาพันธ์ 2536.
- ผดุง อารยะวิญญู. ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : เอช-เอน การพิมพ์, 2527.
- พฤทธิ ศิริบรรณพิทักษ์. "การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา," รวมบทความที่เกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา เล่มที่ 2. 11 (4) : 21-25 ; เมษายน-พฤษภาคม 2529.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2538.
- พิมล เรือนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. เคมีสภาวะแวดล้อม. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2539.
- พิสูตร บรรดาศักดิ์ไพศาล. "ปรากฏการณ์เรือนกระจก," วารสารศึกษาศาสตร์. 18(3) : 16-20 ; ตุลาคม-มกราคม 2539.
- ไพโรจน์ เมาใจ. คู่มือการเขียนบทเรียนโปรแกรม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2520.
- มธุรส จงชัยกิจ. ซีเอไอ/ซีเอแอล กับ Authorware Professional. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539.
- ยีน กุ้ววรรณ. "การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน," ในรายงานการสัมมนาบทบาทของเทคโนโลยีขั้นสูงต่อการพัฒนาการศึกษาไทยในอนาคต. นิสิตปริญญาโท โสภิตศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528. อัดสำเนา.
- _____. "การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน," ไมโครคอมพิวเตอร์. 36 : 120-127 ; กุมภาพันธ์ 2531.
- รัชชศิลป์ แผ่นตระกูล. การเปรียบเทียบความคิดเห็นของผู้บริหารโรงเรียน ครูและนักวิชาการคอมพิวเตอร์เกี่ยวกับการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในระดับมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528. อัดสำเนา.
- ภพ เลหาไฟบุลย์ . แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2537.
- ภิรมย์ อ่อนแสง. "ปรากฏการณ์เรือนกระจก," มนุษยศาสตร์สังคมศาสตร์. 4(2) : 35-65 ;

- กรกฎาคม-ธันวาคม 2538.
- ลัดดาวัลย์ กัณหสุวรรณ. กิจกรรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มลพิษทางอากาศ. กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์, ม.ป.ป.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก , 2539.
- วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอต. มลภาวะอากาศ. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- วาสนา ศรีอักษรลาภ. การวิเคราะห์ลักษณะของโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538. อัดสำเนา.
- วันเพ็ญ เขียนเอี่ยม. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบไฮเปอร์มีเดียในการสอน วิชา ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2539. อัดสำเนา.
- วินัย วีระพัฒนานนท์ และคณะ. สิ่งแวดล้อมศึกษา(ฉบับต้นแบบ) การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2539.
- วิระพงษ์ แสงชูโต. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการสอนซ่อมเสริมวิชาเคมี โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532. อัดสำเนา.
- ศิริพันธ์ ประสิทธิลักษณะ. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปัญหาการหายใจลำบากที่เกี่ยวข้องกับด้านกุมารศัลยศาสตร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2540. อัดสำเนา.
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. แบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว 411. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว, 2540.
- _____. คู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ว 411. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว, 2541.
- _____. คำสั่งกระทรวงศึกษาธิการที่ วก 872/2539 ลงวันที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2539.
- สม ชัยสรรค์. "ยุติแล้วเรื่องของหลักสูตร," มิตรครู. 32(11) : 7-10 ; สิงหาคม 2533.
- สมบัติ เครือทอง. คู่มือการใช้โปรแกรม Multimedia ToolBook 4.0 สำหรับ windows. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น , 2540.
- สมบูรณ์ บุศิริรักษ์. การสังเคราะห์งานวิจัยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อหาและเทคนิคการวิเคราะห์เมตาดา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2539. อัดสำเนา.
- สมยศ รุ่งโรจน์วิชัย. "ป่าไม้กับสภาวะเรือนกระจก," อนุรักษ์ดินและน้ำ. 11(3) : 53-57 ; กันยายน-ธันวาคม 2538.
- สมยุทธ์ แก้วเกาะจาก. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาสรีรวิทยา เรื่อง ระบบขับถ่ายปัสสาวะสำหรับนักศึกษาพยาบาล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2539.

สุรัชย์ สิกขามันตติ. ศัพท์เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ :ภาคเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ , มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ดวงกมล, 2535.

สุวิทย์ ยอดมณี. "สภาวะโลกร้อน:อาการน่าเป็นห่วง," ส่งเสริมการอนุรักษ์ธรรมชาติและคุ้มครองสิ่งแวดล้อม. 10(42) : 2-3 ; มกราคม-มีนาคม 2541.

เสาวนีย์ สิกขามันตติ. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2528.

อรพจน์ ประสิทธิ์รัตน์. คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กราฟแมนเพรส, 2530.

อมร สุขจำรัส. ผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเรื่องการย่อยอาหาร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2533. อัดสำเนา.

อาภรณ์ อัยรักษ์. การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง"ความน่าจะเป็นเบื้องต้น" ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพพาณิชยการ. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.

กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2539. อัดสำเนา.

ฮาгим พงษ์ยี่ห์ล่า. การพัฒนามบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2540. อัดสำเนา.

Alessie,S.M. and S.R. Trolip. Computer - Based Instruction Methods and Development. Englewood Cliffs, NJ : Prentice - Hall, 1985.

Borg, Walter R. and Merrigith D. Gall. Educational Research. New York : Longman , 1979.

Baron, ann E. and Gary W. Orwig. Multimedia Technologies For Training : An Introduction. Libraries Unlimited, 1995.

Chambers, F.M. Editor Climate Change and Human Impact On The Landscape. Chapman & Hall. London: 303 ;1993.

Crutzen,Paul J. and Georgil S. Golitsyn. "Linkages Between Global Warming, Ozone Depletion,Acid Deposition and Other Aspects of Global Environmental Change," Confronting Climate Change : Risk Implication and Responses. Cambridge University Press : 15-32 ;1993.

Dence, Marie. "Toward Defining the Role of CAL : A Review," Educational Technology. 20 (5) : 50-54 ; 1980.

Eisenberg, H. and S. Gordon. Computer assisted teaching program : a pulmonary patient management problem. Int J Clin Monit Comput. 4(4) : 195-197; 1987.

Hannafin, M. J. and K. L. Peck. The design, development, and evaluation of instructional software. New York : Macmillan Publishing, 1988.

Kemp,Jerrold E. and Deane K. Dayton. Planning, and producing instructional media. New York : Harper & Row, Publishers, 1995.

- Lim, Youngsook. "The Effectiveness of Multimedia Presentation Tool in Teaching Perspective Drawing for Interior Design Student," Dissertation Abstracts International. 57 : 3466-A; February, 1997.
- Manahan, Stanley E. Environment Chemistry. 6 th ed. CRC Press. U.S.A. , 1994.
- McDonald, Michael. "The impact of multimedia instruction upon student attitude and achievement and relationship with learning styles," Dissertation Abstracts International. 57 : 3466-A; February, 1997.
- Mcknight, Tom L. Physical Geography: A Landscape Appreciation 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey: 1990.
- Office of The National Environment Board. Thailand - Japan Seminar on The Ozone Layer Protection. Bangkok Thailand : February, 1992.
- Park, In Sun Hwang. "Cooperative learning and individual learning with computer – assisted instruction in an introductory university level chemistry course," Dissertation Abstracts International. 54 : 2973-A; February, 1994.
- Parry. Martin L. and M.S. Swanminathan. "Effects of Climate on Food Production," Confronting Climate Change : Risk Implications and Responses. p113 -125. Cambridge University Press, 1993.
- Seinfeld, J.H. "Air Pollution," Physical and Chemical Fundamentals. McGraw-Hill Book, U.S.A. ,1975.
- Simmons, I.G. Earth, Air and Water : Resource and Environment in Late 20th Century. Edward arnold, England, 1991.
- United Nations Environment Programme. "The Ozone Layer," UNEP/GEMS Environment Library. No.2. Nairobi: UNEP, 1987.
- _____. "The Ozone Layer," UNEP/GEMS Environment Library. No.2. Nairobi : UNEP, 1992.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
- ตัวอย่างหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือ เพื่อทำปริญญานิพนธ์

1. ด้านเนื้อหา

- 1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ดันทุลเวสส
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 1.2 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ฝ่ายมัธยม)
กรุงเทพมหานคร
- 1.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฉวีวรรณ ปานธิ
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี
- 1.4 อาจารย์วันิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 1.5 อาจารย์ศรีวิไล เจริญวงศ์
หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร

2. ด้านคอมพิวเตอร์

- 2.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
ภาควิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 2.2 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)
กรุงเทพมหานคร
- 2.3 อาจารย์วันิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิศแก้ว ศรีสด
ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี
- 2.5 อาจารย์ยุวดี พัฒนกิจจารุ
ศูนย์คอมพิวเตอร์ โรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร.....5644.....5646.....
ที่.....ทม 1007/ ๕๖๔๘.....วันที่.....๒๖ กรกฎาคม 2542.....
เรื่อง.....ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ.....

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ฝ่ายมัธยม)

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรัชญาการณเรณกระจก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ดร.มนัส บุญประกอบ และ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโรจนา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์สุนันทา มนัสมงคล เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ...โทร.....5644.....5646.....
ที่.....ทม 1007/ 4044.....วันที่..... 16 กรกฎาคม 2542.....
เรื่อง.....ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ.....

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรัชญาการณเรื่อนกระจก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ดร.มนัส บุญประกอบ และ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโรธมา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ปานเนา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ตันกุลเวสส์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1007/ 4060



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๓ กรกฎาคม 2542

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนหอวัง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฎการณ์เรือนกระจก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย" โดยมี ดร.มนัส บุญประกอบ และ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโรจนภา เป็นคณะกรรมการควบคุมการ ทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ศรีวิไล เจริญวงศ์ และ อาจารย์ยุวดี พัฒนกิจจาทร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ำให้ นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร./โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ 4651



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ กรกฎาคม 2542

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏธนบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ธีระนิตกุล นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฎการณ์เรือนกระจก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ดร.มนัส บุญประกอบ และ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโรธนา เป็นคณะกรรมการควบคุม การทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จวีวรรณ ปานสี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิตแก้ว ศรีสศ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่าน นายชูเกียรติ ธีระนิตกุล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร./โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1007/ 4053



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

13 กรกฎาคม 2542

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรัชญาการณเรื่อนกระจก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมี ดร.มนัส บุญประกอบ และ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์วันิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ ให้ นายชูเกียรติ ชีระนิตกุล ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร./โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/ 1419



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

1 มิถุนายน 2543

เรื่อง ขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ

เนื่องด้วย นายชูเกียรติ ธีระนิจกุล นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์
ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบท
เรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรัชญาการณเวื่อนกระจกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ตอนปลาย" โดยมี อาจารย์ดร.มนัส บุญประกอบ และ อาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา
เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนา
เครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย และขอให้นักเรียนชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่ 4 จำนวน 25 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรัชญาการณเวื่อนกระจก ในระหว่างเดือนมิถุนายน 2543

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายชูเกียรติ ธีระนิจกุล
ได้เก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบ
พระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5664

โทรสาร. 258-4119

ภาคผนวก ข

- การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์บทเรียนเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อ ประสม
เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก
- แบบประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์
เรือนกระจก
- แบบประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์
เรือนกระจก

ตาราง 11 การวิเคราะห์พฤติกรรมที่พึงประสงค์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่อง
ปรากฏการณ์เรือนกระจก ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์				
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	การนำ ไปใช้	การ วิเคราะห์	การ ประเมินค่า
หน่วยเรียนที่ 1					
1. อธิบายความหมายของปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ถูกต้อง	1	-	-	-	-
2. อธิบายถึงความสำคัญของกระบวนการต่างๆที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	-	1	-	-	-
3. เปรียบเทียบการกักเก็บความร้อนระหว่างเรือนกระจกที่ใช้ในการเกษตรกับชั้นบรรยากาศได้	-	2	-	-	-
หน่วยเรียนที่ 2					
1. บอกลักษณะสำคัญของบรรยากาศชั้นต่างๆได้	1	-	-	1	-
2. อธิบายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบรรยากาศชั้นต่างๆได้	-	2	-	-	-
3. ระบุชื่อชั้นบรรยากาศที่มีก๊าซโอโซนอยู่ได้	1	-	-	-	-
4. อธิบายเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นวิทยุเอเอ็มในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ได้	1	-	-	-	-
5. ระบุชื่อของช่วงต่อของบรรยากาศชั้นต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	2	-	-	-	-
หน่วยเรียนที่ 3					
1. สามารถอธิบายผลของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับสมดุลการเก็บกักความร้อนของโลกได้	-	2	-	-	-
2. สามารถอธิบายสาเหตุที่ทำให้สมดุลความร้อนของโลกเปลี่ยนแปลงไปได้	1	-	1	-	-

ตาราง 11 (ต่อ)

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์				
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	การนำ ไปใช้	การ วิเคราะห์	การ ประเมินค่า
3. สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บ ,การถ่ายเทพลังงานรังสีความร้อนของโลกกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้	-	1	-	-	1
หน่วยเรียนที่ 4					
1. บอกชื่อของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ในบรรยากาศได้ถูกต้อง	1	-	-	-	-
2. บอกแหล่งกำเนิดและลักษณะสำคัญของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	1	1	-	-	-
3. สามารถแปลความหมายข้อมูลจากกราฟที่เกี่ยวกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกได้ถูกต้อง	-	-	-	2	-
หน่วยเรียนที่ 5					
1. อธิบายสมการการเกิดก๊าซโอโซนในชั้นบรรยากาศสตราโทสเฟียร์ได้	1	1	-	-	-
2. ยกตัวอย่างสมการการเกิดก๊าซโอโซนในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ได้	-	1	-	-	-
3. บอกถึงสาเหตุและบริเวณการเกิดรูโอโซนในชั้นบรรยากาศได้	1	-	-	1	-
4. อธิบายถึงการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศโดย สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน และสารอื่นๆ ได้	-	2	-	-	1
หน่วยเรียนที่ 6					
1. บอกผลกระทบ ด้านต่างๆ ที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ต่อโลก และสิ่งมีชีวิตได้	-	-	-	-	1

ตาราง 11 (ต่อ)

จุดประสงค์	พฤติกรรมที่พึงประสงค์				
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	การนำ ไปใช้	การ วิเคราะห์	การ ประเมินค่า
2. วิเคราะห์ปัญหาที่จะเกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกในอนาคตได้	-	1	1	1	-
3. ระบุถึงอันตรายที่เกิดจากจากรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตได้	1	-	-	-	1
หน่วยเรียนที่ 7					
1. บอกแนวทางในการควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก	1	-	1	-	-
2. บอกข้อควรปฏิบัติในการช่วยลดก๊าซเรือนกระจกในชีวิตประจำวันได้	1	-	1	-	-
รวม	14	14	4	5	3

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

จำนวน 40 ข้อ

เวลา 50 นาที

คำชี้แจง

- 1.ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น เลขที่ ห้อง ลงในกระดาษคำตอบ
- 2.ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ
- 3.ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 40 ข้อ ใช้เวลาทำ 50 นาที

1. ข้อใด กล่าวถึง ความหมายของปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ถูกต้องมากที่สุด
 - ก. ปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศดูดซับรังสีความร้อนจากผิวโลกบางส่วนและปล่อยให้ผ่านออกนอกโลกบางส่วน
 - ข. ปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์บางส่วนและปล่อยให้ผ่านไปยังผิวโลกบางส่วน
 - ค. ปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศทำหน้าที่สะท้อนกลับ รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และรังสีความร้อนจากผิวโลก
 - ง. ข้อ ก , ข และ ค ถูกต้อง
2. หากบรรยากาศของโลกทำหน้าที่สะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวนักเรียนคิดว่า อุณหภูมิของโลกควรเป็นอย่างไร
 - ก. อุณหภูมิคงที่ทั้งกลางวันและกลางคืน
 - ข. อุณหภูมิต่ำมากทั้งกลางวันและกลางคืน
 - ค. มีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างมากทั้งกลางวันและกลางคืน
 - ง. อุณหภูมิสูงมากในตอนกลางวันและอุณหภูมิต่ำมากในตอนกลางคืน
3. เรือนกระจกที่ใช้ในการเกษตรมีลักษณะพิเศษข้อใดที่เหมือนกับปรากฏการณ์เรือนกระจกตามธรรมชาติ
 - ก. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกจะสูงขึ้น
 - ข. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกจะลดลงอย่างรวดเร็ว
 - ค. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกจะค่อยๆลดลงอย่างช้า
 - ง. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกจะไม่แตกต่างกับอุณหภูมิภายนอก
4. หากโลกมีก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้กระบวนการข้อใดเพิ่มขึ้นด้วย
 - ก. ดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์
 - ข. สะท้อนกลับรังสีจากดวงอาทิตย์
 - ค. ดูดซับรังสีความร้อนจากผิวโลก
 - ง. ยอมให้รังสีความร้อนจากผิวโลกออกสู่อวกาศ

5. บรรยากาศชั้นใดที่มีชั้นของโอโซน (Ozone Layer) อยู่เป็นจำนวนมาก
 - ก. โทรโพสเฟียร์ (Troposphere)
 - ข. สตราโทสเฟียร์ (Stratosphere)
 - ค. เมโซสเฟียร์ (Mesosphere)
 - ง. เทอร์โมสเฟียร์ (Thermosphere)

6. บรรยากาศชั้นใดที่เกิดปรากฏการณ์เกี่ยวกับ ลม ฟา อากาศและภูมิอากาศซึ่งมีผลต่อการดำรงชีพของ สิ่งมีชีวิตโดยตรง
 - ก. โทรโพสเฟียร์ (Troposphere)
 - ข. สตราโทสเฟียร์ (Stratosphere)
 - ค. เมโซสเฟียร์ (Mesosphere)
 - ง. เทอร์โมสเฟียร์ (Thermosphere)

7. ข้อใดสรุปเกี่ยวกับอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศได้ ถูกต้อง
 - ก. ชั้นโทรโพสเฟียร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นตามระดับความสูง
 - ข. ชั้นสตราโทสเฟียร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นตามระดับความสูง
 - ค. ชั้นเมโซสเฟียร์มีอุณหภูมิสูงขึ้นตามระดับความสูง
 - ง. ชั้นเทอร์โมสเฟียร์อุณหภูมิลดลงตามระดับความสูง

8. เพราะเหตุใดบริเวณช่วงบนสุดของบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์จึงมีอุณหภูมิสูงมาก
 - ก. เกิดก๊าซโอโซนมากที่สุด
 - ข. มีก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด
 - ค. มีการสะท้อนของ UV มากที่สุด
 - ง. มีการสลายก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

9. ชั้นโอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโทสเฟียร์มีความสำคัญต่อโลกอย่างไร
 - ก. ปกป้องโลกจากรังสี UV จากดวงอาทิตย์
 - ข. สะท้อนรังสี UV จากดวงอาทิตย์กลับสู่อวกาศ
 - ค. สะท้อนกลับรังสีความร้อนจากผิวโลกไม่ให้ออกสู่อวกาศ
 - ง. ช่วยให้รังสี UV จากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ายังโลกได้มากขึ้น

10. เพราะเหตุใดบรรยากาศชั้นไอโอสเฟียร์จึงสามารถสะท้อนคลื่นวิทยุ เอ เอ็ม กลับคืนสู่ผิวโลกได้
 - ก. เป็นบริเวณที่เกิดฟ้าผ่า
 - ข. มีก๊าซโลหะอยู่เป็นจำนวนมาก
 - ค. มีก๊าซโอโซนรวมตัวอยู่อย่างหนาแน่น
 - ง. ก๊าซออกซิเจนและไนโตรเจนแตกตัวเป็นกระแสอิเล็กตรอน

11. ช่วงต่อของบรรยากาศระหว่างชั้นโทรโพสเฟียร์กับชั้นสตราโทสเฟียร์ คือข้อใด

- ก. โทรโพพอส (Tropopause)
- ข. สตราโทพอส (Stratopause)
- ค. เมโซพอส (Mesopause)
- ง. เทอร์โมพอส (Thermopause)

12. ช่วงต่อบรรยากาศ "เมโซพอส" อยู่ระหว่างชั้นบรรยากาศในข้อใด

- ก. โทรโพสเฟียร์-สตราโทสเฟียร์
- ข. สตราโทสเฟียร์-เมโซสเฟียร์
- ค. เมโซสเฟียร์-เทอร์โมสเฟียร์
- ง. เทอร์โมสเฟียร์-ไอโอโนสเฟียร์

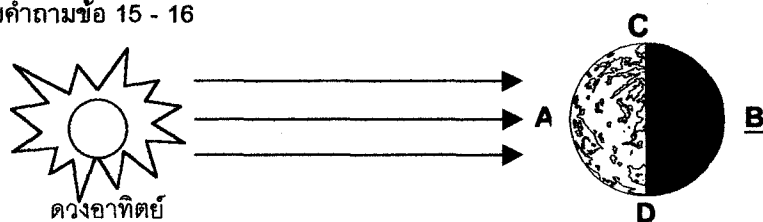
13. กระบวนการที่โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์คือข้อใด

- ก. การหมุนรอบตัวเองของโลก
- ข. การแผ่รังสีความร้อนของโลก
- ค. การดูดซับพลังงานความร้อน
- ง. การสะท้อนพลังงานความร้อน

14. กระบวนการข้อใดแสดงว่าความร้อนของโลกอยู่ในสภาวะสมดุลพอดี

- ก. การดูดกลืนความร้อน เท่าๆกับ การถ่ายเทความร้อน
- ข. การดูดกลืนความร้อน มากกว่า การถ่ายเทความร้อน
- ค. การดูดกลืนความร้อน น้อยกว่า การถ่ายเทความร้อน
- ง. เกิดการหมุนเวียนของกระแสลมและกระแสน้ำในมหาสมุทร

ภาพประกอบคำถามข้อ 15 - 16



15. จากภาพประกอบท่านคิดว่าบริเวณใดที่มีการถ่ายเทพลังงานความร้อนมากที่สุด

- ก. บริเวณ A
- ข. บริเวณ B
- ค. บริเวณ C
- ง. บริเวณ D

16. จากรูปข้อใดกล่าวถึงบริเวณ A ,C และ D ได้ถูกต้อง
- A รับความร้อนมากกว่า C,D
 - C,D รับความร้อนมากกว่า A
 - A,D ได้รับความร้อนมากกว่า C
 - A ,C และ D ได้รับความร้อนเท่าๆกัน
17. ข้อใดเป็นกระบวนการที่ช่วยถ่ายเทพลังงานความร้อนภายในโลกไม่ให้เกิดความแตกต่างกันมาก
- ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า
 - การเกิดแผ่นดินไหว
 - กระแสลม กระแสน้ำ
 - การระเบิดของภูเขาไฟ
18. หากก๊าซเรือนกระจกเพิ่มจำนวนมากขึ้นจะทำให้สมดุลของการกักเก็บ และการถ่ายเทพลังงานความร้อนของโลกเป็นอย่างไร
- การกักเก็บและการถ่ายเทพลังงานสมดุลกัน
 - การกักเก็บพลังงานลดลง การถ่ายเทพลังงานลดลง
 - การกักเก็บพลังงานเพิ่มขึ้น การถ่ายเทพลังงานลดลง
 - การกักเก็บพลังงานลดลง การถ่ายเทพลังงานเพิ่มขึ้น
19. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากข้อใด
- การทำนาข้าว
 - เครื่องปรับอากาศ
 - การใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตร
 - การเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ
20. ข้อใดเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุด
- มีเทน
 - ไนตรัสออกไซด์
 - คาร์บอนไดออกไซด์
 - คลอโรฟลูออโรคาร์บอน
21. ก๊าซเรือนกระจกข้อใดที่ช่วยปกป้องโลกจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต
- โอโซน
 - ไนตรัสออกไซด์
 - คาร์บอนไดออกไซด์
 - คลอโรฟลูออโรคาร์บอน

22. สารตั้งต้นสำคัญของการเกิดชั้นโอโซนในบรรยากาศ คือ

- ก. คาร์บอน
- ข. ไนโตรเจน
- ค. ออกซิเจน
- ง. ไฮโดรเจน

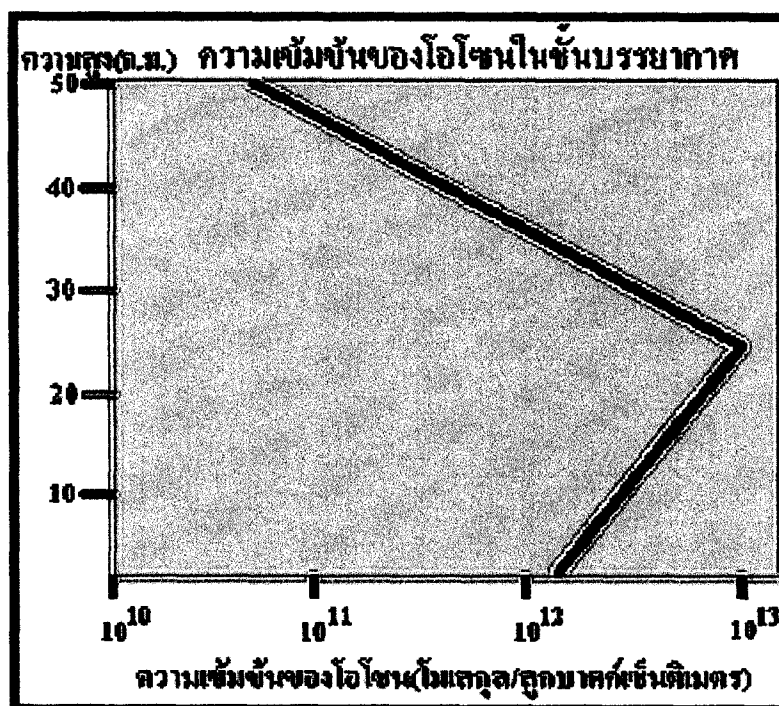
23. ก๊าซเรือนกระจกชนิดใดที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีด้วยแสง

- ก. มีเทน
- ข. ไนตรัสออกไซด์
- ค. คาร์บอนไดออกไซด์
- ง. คลอโรฟลูออโรคาร์บอน

24. ข้อใดไม่ใช่แหล่งกำเนิดของสารซีเอฟซี

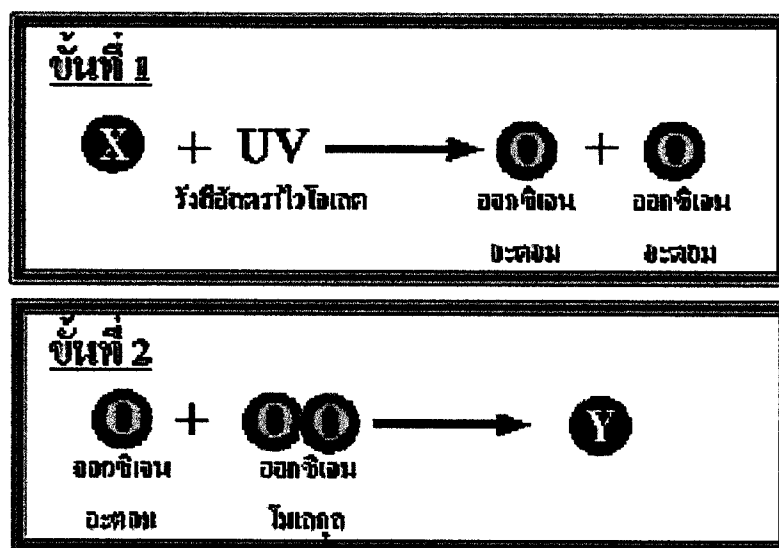
- ก. ก๊าซโฟม
- ข. ไอเสียจากเครื่องยนต์
- ค. ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ
- ง. กระบวนการผลิตสีเปรยในอุตสาหกรรม

ภาพประกอบคำถามข้อ 25-26



25. จากกราฟข้างบนข้อใดที่สรุปได้ถูกต้องมากที่สุด
- โอโซนมีความเข้มข้นมากที่สุดที่ระดับความสูง 50 กิโลเมตร
 - โอโซนมีความเข้มข้นมากที่สุดที่ระดับความสูง 25 กิโลเมตร
 - โอโซนมีความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ระดับความสูง 15 กิโลเมตร
 - โอโซนมีความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ระดับความสูง 25 กิโลเมตร
26. จากข้อ 25 พอจะสรุปได้ว่า พบโอโซนมากที่บรรยากาศชั้นใด
- เมโซสเฟียร์
 - โทรโพสเฟียร์
 - สตราโทสเฟียร์
 - เทอร์โมสเฟียร์
27. จากข้อ 26 เพราะเหตุใดเราจึงพบโอโซนมากในบรรยากาศบริเวณนี้
- มีออกซิเจนจำนวนมาก และไม่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์
 - มีออกซิเจนจำนวนน้อย และไม่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์
 - มีออกซิเจนจำนวนมาก และมีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอ
 - มีออกซิเจนจำนวนน้อย และมีพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอ

จากสมการข้างล่างนี้ จงตอบคำถามข้อ 28-29

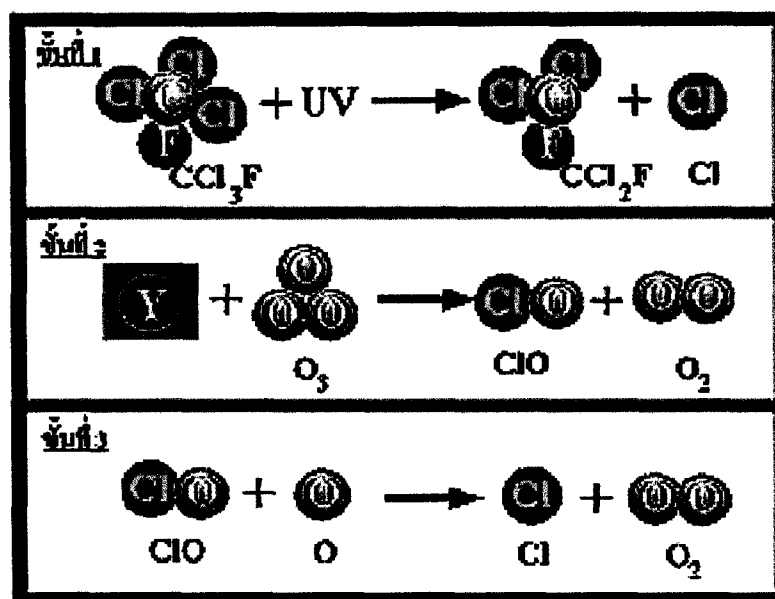


28. จากสมการการเกิดโอโซน X คือข้อใด
- H_2O
 - O_2
 - O_3
 - CH_4

29. จากสมการการเกิดโอโซน Y คือข้อใด

- ก. H_2O
- ข. O_2
- ค. O_3
- ง. CH_4

สมการประกอบคำตอบข้อ 30



30. สาร y ในสมการการทำลายโอโซนคือข้อใด

- ก. Cl
- ข. ClO
- ค. ClO_2
- ง. ClO_3

31. ถ้าก๊าซเรือนกระจกยังมีปริมาณเพิ่มขึ้นอุณหภูมิของโลกจะเป็นอย่างไร

- ก. อุณหภูมิลดลง
- ข. อุณหภูมิสูงขึ้น
- ค. อุณหภูมิคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง
- ง. อุณหภูมิสูงขึ้นแล้วค่อยๆลดลง

32. วิธีการข้อใดที่เป็นการป้องกันไม่ให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

- ก. ติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น
- ข. ลดการใช้ผลิตภัณฑ์สเปรย์ซีเอฟซี
- ค. ส่งเสริมให้มีการทำนาข้าวเพิ่มมากขึ้น
- ง. ส่งเสริมให้มีการทำปศุสัตว์เพิ่มมากขึ้น

33. ปรากฏการณ์เรือนกระจกส่งผลกระทบต่อเกษตรกรรมอย่างไร
- ดินเสื่อมคุณภาพ ศัตรูพืชมีจำนวนเพิ่มขึ้น
 - พื้นที่เพาะปลูกของประเทศเขตนานาผลลดลง
 - ดินที่ใช้ในการเกษตรมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น
 - ประเทศที่ติดทะเลทรายขยายพื้นที่การเกษตรได้มากขึ้น
34. ระดับน้ำทะเลจะส่งผลอย่างไรเมื่อโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1.5-4.5 องศาเซลเซียส
- ประเทศที่เป็นเกาะจะมีพื้นที่เพิ่มขึ้น
 - พื้นที่ทำการเกษตรบริเวณปากแม่น้ำเพิ่มขึ้น
 - ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น พื้นที่ชายฝั่งถูกน้ำทะเลรุก
 - ระดับน้ำทะเลลดลง ทำให้ท่าเรือสำคัญๆใช้การไม่ได้
35. การกระทำของใครที่ส่งผลให้มนุษย์เป็นโรคมะเร็งผิวหนังเพิ่มขึ้น มากที่สุด
- เขาทายฟอสเฟอไรต์
 - สมานทั้งขยะลงแม่น้ำ
 - สามารถใช้ผงซักฟอก
 - สมรภัษเผาเศษกระดาษ
36. รังสีข้อใดไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และช่วยในการสร้างวิตามินดีในสิ่งมีชีวิต
- รังสี UV-A
 - รังสี UV-B
 - รังสี UV-C
 - รังสีอินฟราเรด
37. พิธีสารมอนทรีออล เป็นข้อตกลงที่มีจุดมุ่งหมายข้อใด
- ลดอาวุธนิวเคลียร์
 - ลดและเลิกใช้สารซีเอฟซี
 - ให้ทุกประเทศกำจัดมลพิษทางอากาศ
 - ป้องกันการทำลายแนวปะการังของโลก
38. หากไม่มีการป้องกันการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ในอนาคตท่านคาดว่าโลกจะได้รับผลกระทบอย่างไร
- โลกร้อนขึ้น ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น
 - โลกไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
 - โลกได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตลดน้อยลง
 - โลกมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากระดับน้ำทะเลลดลง

39. จงยกตัวอย่างสารที่มีการนำมาใช้แทนสารซีเอฟซี 12

- ก. ฟรีออน
- ข. ไฮโดรเจน
- ค. คาร์บอน 12
- ง. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน

40. ข้อใดเป็นการลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกของโลก

- ก. เผากระดาษที่ใช้แล้ว
 - ข. ใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติ
 - ค. ซื้อรถยนต์ใหม่มาใช้แทนรถคันเก่า
 - ง. นำขวดแก้ว พลาสติก กระดาษ กลับมาใช้ใหม่
-

แบบประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

คำชี้แจงเกี่ยวกับการตอบแบบประเมินเนื้อหา

โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงเนื้อหาประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องประเมินตามความคิดเห็นของท่าน โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

เนื้อหาเรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ใช้ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เวลาเรียน 5 คาบ คาบละ 50 นาที โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 หน่วยเรียนดังนี้

- หน่วยเรียนที่ 1 ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร
- หน่วยเรียนที่ 2 ชั้นของบรรยากาศ
- หน่วยเรียนที่ 3 การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก
- หน่วยเรียนที่ 4 แก๊สเรือนกระจก
- หน่วยเรียนที่ 5 การเกิดแก๊สโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ
- หน่วยเรียนที่ 6 ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก
- หน่วยเรียนที่ 7 การควบคุมแก๊สที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

แบบประเมิน

เนื้อหาประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก

หน่วยเรียนที่..... เรื่อง.....

.....

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมาย / ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับข้อคิดเห็นท่านมากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้.....					
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน.....					
3. เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์.....					
4. เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด.....					
5. ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม.....					
6. ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน.....					
7. การใช้ภาษา					
7.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
7.2 ไม่วกวน.....					
7.3 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมายวรรคตอน และไวยากรณ์.....					
8. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน.....					
9. การอธิบายเนื้อหา มีความชัดเจนเข้าใจง่าย....					
10. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน.....					
11. การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย					
<u>พิจารณาโดยภาพรวม</u> ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ.....					

ข้อเสนอแนะ

[illegible]

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
...../...../.....

แบบประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

คำชี้แจงเกี่ยวกับการตอบแบบประเมิน

โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องประเมินตามความคิดเห็นของท่าน โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินดังนี้

- 6 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด หรือมากที่สุด
- 5 หมายถึง เห็นด้วยมาก หรือมาก
- 4 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง หรือปานกลาง
- 3 หมายถึง เห็นด้วยน้อย หรือน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด หรือน้อยที่สุด

แบบประเมิน
โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก

คำชี้แจง โปรดกรอกค่าระดับความคิดเห็น 5,4,3,2 และ1 ลงในช่องคะแนนของแต่ละหน่วยการเรียนรู้
 ตรงกับข้อคิดเห็นของท่านมากที่สุด

- 6 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด หรือมากที่สุด
 5 หมายถึง เห็นด้วยมาก หรือมาก
 4 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง หรือปานกลาง
 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย หรือน้อย
 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด หรือน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	หน่วยการเรียนรู้ที่						
	1	2	3	4	5	6	7
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การสร้างความสนใจของบทเรียน.....							
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร.....							
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง.....							
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา.....							
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.....							
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก.....							
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน.....							
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน.....							
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา.....							
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา.....							
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน.....							
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก.....							
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย.....							
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ.....							
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ...							

ข้อเสนอแนะ

[illegible]

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

ภาคผนวก ค

- ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก
- ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

ตาราง 12 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 1
ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	
	5	4	3	2	1	รวม	ร้อยละ
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	ACDE	B				24	96
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	AD	BCE				22	88
3. เนื้อหาถูกต้องชัดเจน	BDE	AC				23	92
4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	E	C	AB	D		17	68
5 ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน	AD	B	C		E	18	72
6 การใช้ภาษา							
6.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	ADE	C	B			22	88
6.2 ไม่วกวน	ADE	BC				23	92
6.3 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมายวรรคตอน และไวยากรณ์	ADE	C	B			22	88
7 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	DE	AC	B			21	84
8 การอธิบายเนื้อหาที่มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	ADE	BC				23	92
9. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	ADE	B	C			22	88
10 การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย	ADE	B	C			22	88
พิจารณาโดยภาพรวม ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ	ADE	C	B			22	88
รวม	172	76	27	2	1	281	86.4

หมายเหตุ

- A คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.ฉวีวรรณ ปานชี
 B คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
 C คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
 D คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ศรีวิไล เจริญวงศ์
 E คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 ผศ.ดร.ยงยุทธ ตันทุลเวสส์

ตาราง 13 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 2
ชั้นของบรรยาภาศ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	
	5	4	3	2	1	รวม	ร้อยละ
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	ADE	C	B			22	88
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	AD	BC	E			21	84
3. เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	D	ABC	E			20	80
4. ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม		ADE	BC			18	72
5. ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน	AD	BC	E			21	84
6 การใช้ภาษา							
6.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	AD	BCE				22	88
6.2 ไม่วกวน	ABD	CE				23	92
6.3 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมาย วรรคตอน และไวยากรณ์	AD		BC		E	17	68
7 เนื้อหาความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	AE	BD	C			21	84
8 การอธิบายเนื้อหาที่มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	D	ACE	B			20	80
9. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	AD	BE	C			21	84
10 การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย	AD	C	BE			17	68
พิจารณาโดยภาพรวม ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ	AD	C	BE			17	68
รวม	120	100	45	0	1	260	81.5

หมายเหตุ

- A คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.ฉวีวรรณ ปานชี
 B คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
 C คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
 D คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ศรีวิไล เจริญวงศ์
 E คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 ผศ.ดร.ยงยุทธ ดัณฑุลเวสส์

ตาราง 14 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 3
การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	
	5	4	3	2	1	รวม	ร้อยละ
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	ACDE	B				24	96
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	ABD	C	E			22	88
3. เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	AD	BCE				22	88
4. ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	AD		BCE			22	88
5. ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน		A	BD	CE		14	56
6 การใช้ภาษา							
61 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน		BCDE	A			19	76
62 ไม่วกวน		ACD	B		E	16	64
63 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมาย ววรรคตอน และไวยากรณ์	AD		BCE			19	76
7 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน		ABE	CD			18	72
8 การอธิบายเนื้อหา มีความชัดเจนเข้าใจง่าย		ABCD			E	17	68
9. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน		ADE	BC			18	72
10 การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย		ABCD E				20	80
พิจารณาโดยภาพรวม ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ		ACD	BE			18	72
รวม	65	124	51	4	2	249	76.6

หมายเหตุ

- A คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.ฉวีวรรณ ปานธิ
 B คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ดร.สุนันทา มั่นสมงคล
 C คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
 D คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ศรวิไล เจริญวงศ์
 E คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 ผศ.ดร.ยงยุทธ ดัณฑุลเวสส์

ตาราง 15 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 4
ก๊าซเรือนกระจก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	
	5	4	3	2	1	รวม	ร้อยละ
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	ACD	BE				18	72
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	D	ABC		E		19	76
3. เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	AD	C	BE			20	80
4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	ADE	B	C			22	88
5 ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน		AD	BC	E		16	64
6 การใช้ภาษา							
6.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	ADE	BC				23	92
6.2 ไม่วกวน	ADE	C	B			22	88
6.3 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมาย วรรคตอน และไวยากรณ์	ADE	C	B			22	88
7 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน		ABDE	C			19	76
8 การอธิบายเนื้อหา มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	AD	C	B	E		19	76
9. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	AD	BCE				22	88
10 การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย	D	ACE	B			19	76
พิจารณาโดยภาพรวม ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ	ACD	BE				23	92
รวม	130	104	30	6	0	264	81.2

หมายเหตุ

- A คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.ฉวีวรรณ ปานชี
 B คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
 C คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
 D คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ศรวิไล เจริญวงศ์
 E คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 ผศ.ดร.ยงยุทธ ดัณฑุลเวสส์

ตาราง 16 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 5
การเกิดขึ้นไอโซนและช่องโหว่ไอโซนในชั้นบรรยากาศ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	
	5	4	3	2	1	รวม	ร้อยละ
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	ACD	B	E			22	88
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	AD	BC			E	19	76
3. เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	AD	BC			E	19	76
4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	AD		BCE			19	76
5 ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน	AD		B	C	E	16	64
6 การใช้ภาษา							
6.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน		ABC	D	E		17	68
6.2 ไม่วกวน		ABCD		E		18	72
6.3 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมาย วรรคตอน และไวยากรณ์	AD		BCE			19	76
7 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน		BE	ACD			17	68
8 การอธิบายเนื้อหา มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	A	BCD		E		19	76
9. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน		ABE	CD			18	72
10 การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย		ABCD			E	17	68
พิจารณาโดยภาพรวม ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ		ACD	B		E	16	64
รวม	70	108	45	12	5	236	72.6

หมายเหตุ

- A คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.ฉวีวรรณ ปานชี
 B คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ดร.สุนันทา มั่นสมงคล
 C คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
 D คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ศรีวิไล เจริญวงศ์
 E คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 ผศ.ดร.ยงยุทธ ดัชนีกุลเวสส์

ตาราง 17 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 6
ผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	
	5	4	3	2	1	รวม	ร้อยละ
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	ACD	BE				23	92
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	AD	BCE				22	88
3. เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	AD	CE	B			21	84
4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	AD	E	BC			20	80
5 ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน		ABE	CD			18	72
6 การใช้ภาษา							
6.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	AD	BCE				22	88
6.2 ไม่วกวน	AD	BCE				22	88
6.3 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมาย ววรรคตอน และไวยากรณ์	AD	CE	B			21	84
7 เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	AD	BCE				22	88
8 การอธิบายเนื้อหาที่มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	AD	CE	B			21	84
9. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	AD	BE	C			21	84
10 การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย	AD	CE	B			21	84
พิจารณาโดยภาพรวม ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ	AD	BCE				22	88
รวม	125	124	27	0	0	276	84.9

หมายเหตุ A คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.ฉวีวรรณ ปานธิ
 B คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ดร.สุนันทา มั่นสมงคล
 C คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
 D คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ศรีวิไล เจริญวงศ์
 E คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 ผศ.ดร.ยงยุทธ ดันทุลเวสส์

ตาราง 18 ผลการประเมินเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 7
การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					คะแนน	
	5	4	3	2	1	รวม	ร้อยละ
1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	ACD	BE				23	92
2. เนื้อหามีความต่อเนื่องกัน	AD	BCE				22	88
3. เนื้อหาถูกต้องสมบูรณ์	AD	BCE				22	88
4 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	AD	BE	C			21	84
5 ภาพ ประกอบเนื้อหาถูกต้องชัดเจน	AD	E	BC			20	80
6 การใช้ภาษา							
6.1 มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	AD	BCE				22	88
6.2 ไม่วกวน		ABCD E				20	80
6.3 ความถูกต้องของ คำสะกด เครื่องหมาย วรรคตอน และไวยากรณ์	A	DE	BC			19	76
7 เนื้อหาที่มีความยากง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	AD	BCE				22	88
8 การอธิบายเนื้อหาที่มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	AD	CE	B			21	84
9. คำศัพท์ที่ใช้ในเนื้อหาถูกต้อง เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	AD	BE	C			21	84
10 การสรุปเนื้อหาชัดเจน เข้าใจง่าย	AD	BCE				22	88
พิจารณาโดยภาพรวม ผู้ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ	AD	BCE				22	88
รวม	120	132	21	0	0	277	85.2

หมายเหตุ

- A คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.ฉวีวรรณ ปานชี
 B คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
 C คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์
 D คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ศรวิไล เจริญวงศ์
 E คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 ผศ.ดร.ยงยุทธ ตันทุลเวสส์

ตาราง 19 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 1
ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่						
	1	2	3	4	5	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การสร้างความสนใจของบทเรียน.	4	3	4	4	4	19	76
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	4	4	20	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	4	4	4	4	3	19	76
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	5	4	3	4	4	20	80
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	5	3	3	5	4	20	80
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	4	4	5	3	21	84
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	5	3	4	5	3	20	80
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	4	4	20	80
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	3	3	5	4	20	80
1.9 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	5	4	3	5	4	21	84
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	4	4	4	4	4	20	80
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	5	4	4	4	3	20	80
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	4	3	21	84
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	5	5	4	4	4	22	88
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	5	3	3	4	4	19	76
รวม	70	57	54	65	55	302	80.53

หมายเหตุ

- 1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
- 2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ผศ.ฐิตแก้ว ศรีสด
- 3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
- 4 คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ยุวดี พัฒนกิจจาทร
- 5 คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ตาราง 20 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 2
ชั้นบรรยากาศ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่						
	1	2	3	4	5	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	5	4	4	5	4	22	88
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	4	4	20	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	4	4	4	4	3	19	76
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	5	5	3	4	4	21	84
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	5	5	4	5	4	23	92
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	5	4	5	3	22	88
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	5	5	4	5	3	22	88
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	5	4	21	84
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	4	4	5	4	22	88
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	4	4	4	5	4	21	84
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	4	4	4	5	4	21	84
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	5	4	4	4	3	20	80
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	4	3	21	84
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	5	5	4	4	5	23	92
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	5	5	4	5	4	23	92
รวม	70	67	58	69	56	321	85.6

- หมายเหตุ
- 1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
 - 2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ผศ.ฐิตแก้ว ศรีสด
 - 3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
 - 4 คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ยุวดี พัฒนกิจจาทร
 - 5 คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ตาราง 21 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 3
การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่						
	1	2	3	4	5	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	5	4	4	5	4	22	88
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	4	4	20	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	5	4	4	4	3	20	80
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	5	5	3	4	4	21	84
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	5	5	3	5	4	22	88
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	5	4	5	3	22	88
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	5	4	4	5	3	21	84
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	5	4	21	84
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	3	5	4	22	88
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	5	4	3	5	4	21	84
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	4	4	4	4	4	20	80
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	5	4	4	4	3	20	80
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	4	3	21	84
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	5	5	4	4	5	23	92
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	5	4	3	5	4	21	84
รวม	72	66	54	68	56	316	84.53

หมายเหตุ

- 1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.สวัสด์ ทรัพย์บุญ
- 2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ผศ.ฐิตแก้ว ศรีสด
- 3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
- 4 คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ยุวดี พัฒนกิจจาทร
- 5 คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ตาราง 22 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 4
ก๊าซเรือนกระจก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่						
	1	2	3	4	5	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	5	4	3	4	4	20	80
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	4	4	20	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	5	4	4	4	3	20	80
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	5	5	3	4	4	21	84
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	5	5	4	4	4	22	88
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	4	4	5	3	21	84
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	5	4	4	4	3	20	80
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	4	4	20	80
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	4	3	5	4	21	84
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	5	4	3	5	4	21	84
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	5	4	4	4	4	21	84
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	5	4	4	4	3	20	80
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	4	3	21	84
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	5	5	4	4	5	23	92
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	5	4	3	4	3	19	76
รวม	73	64	54	63	55	310	82.67

หมายเหตุ

- 1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
- 2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ผศ.ฐิตแก้ว ศรีสด
- 3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
- 4 คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ยุวดี พัฒนกิจจาทร
- 5 คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ตาราง 23 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 5
การเกิดโอโซนและห้องโหวโอโซนในชั้นบรรยากาศ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่						
	1	2	3	4	5	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	4	4	4	5	4	21	84
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	4	4	20	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	4	4	4	4	3	19	76
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	5	4	3	4	4	20	80
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	5	4	4	4	5	22	88
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	4	4	5	3	21	84
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	5	4	4	5	3	21	84
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	5	4	21	84
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	4	3	5	4	21	84
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	5	3	4	5	4	21	84
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	5	4	4	4	4	21	84
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	5	4	4	4	3	20	80
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	4	3	21	84
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	5	5	4	4	5	23	92
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	5	4	4	4	4	21	84
รวม	71	61	57	66	57	313	83.47

- หมายเหตุ
- 1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
 - 2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ผศ.ฐิตแก้ว ศรีสด
 - 3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
 - 4 คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ยุวดี พัฒนกิจจาทร
 - 5 คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ตาราง 24 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 6
ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่						
	1	2	3	4	5	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	4	4	4	4	4	20	80
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	4	4	20	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	5	4	4	4	3	20	80
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	5	3	3	4	4	19	76
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	5	5	4	5	4	23	92
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	4	4	5	3	21	84
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	5	4	4	5	3	21	84
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	5	4	21	84
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	3	5	4	22	88
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	5	4	4	5	4	22	88
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	5	4	4	4	4	21	84
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	5	4	4	4	3	20	80
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	4	3	21	84
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	5	5	4	4	5	23	92
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	5	4	4	4	4	21	84
รวม	72	63	57	66	56	315	84

- หมายเหตุ
- 1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
 - 2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ผศ.ฐิตแก้ว ศรีสด
 - 3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 ดร.สุนันทา มั่นมงคล
 - 4 คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ยุวดี พัฒนกิจจาทร
 - 5 คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ตาราง 25 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม หน่วยเรียนที่ 7
การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้						
	ผู้เชี่ยวชาญท่านที่						
	1	2	3	4	5	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน							
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	4	4	4	4	4	20	80
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	4	4	20	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	5	4	4	4	3	20	80
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	5	4	3	4	4	20	80
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	5	4	3	5	4	21	84
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	4	4	5	3	21	84
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	5	5	4	5	3	22	88
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	5	4	21	84
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	3	5	4	22	88
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	5	5	3	5	4	22	88
2. ด้านการนำไปใช้							
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	5	4	4	4	4	21	84
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	5	4	4	4	3	20	80
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	4	3	21	84
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	5	5	4	4	5	23	92
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	5	4	3	4	4	20	80
รวม	72	65	54	66	56	314	83.73

หมายเหตุ

- 1 คือ ผู้ประเมินคนที่ 1 ผศ.สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ
- 2 คือ ผู้ประเมินคนที่ 2 ผศ.ฐิตแก้ว ศรีสด
- 3 คือ ผู้ประเมินคนที่ 3 ดร.สุนันทา มนัสมงคล
- 4 คือ ผู้ประเมินคนที่ 4 อ.ยุวดี พัฒนกิจจาทร
- 5 คือ ผู้ประเมินคนที่ 5 อ.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์

ตาราง 26 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม รวม 7 หน่วยเรียน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้								
	หน่วยเรียนที่								ร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	รวม	
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน									
1.1 การสร้างความสนใจของบทเรียน.	19	22	22	20	21	20	20	144	82.3
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	20	20	20	20	20	20	20	140	80.0
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	19	19	20	20	19	20	20	137	78.3
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	20	21	21	21	20	19	20	142	81.1
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	20	23	22	22	22	23	21	153	87.4
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	21	22	22	21	21	21	21	149	85.1
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	20	22	21	20	21	21	22	147	84.0
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	20	21	21	20	21	21	21	145	82.9
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	20	22	22	21	21	22	22	150	85.7
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	21	21	21	21	21	22	22	149	85.1
2. ด้านการนำไปใช้									
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	20	21	20	21	21	21	21	145	82.9
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	20	20	20	20	20	20	20	140	80.0
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	21	21	21	21	21	21	21	147	84.0
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	23	24	23	24	24	24	24	166	94.9
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	19	23	21	19	21	21	20	144	82.3
รวม	302	321	316	310	313	315	314	2191	83.0

ตาราง 27 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ในการทดลอง
ขั้น 1 ต่อ 1

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้				
	นักเรียนกลุ่ม 1:1:1				
	เก่ง	ปานกลาง	อ่อน	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน					
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	4	4	4	12	80
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	4	4	4	12	80
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	4	4	4	12	80.00
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	4	4	3	11	73.33
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	4	4	3	11	73.33
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	5	4	4	13	86.67
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	4	5	4	13	86.67
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	4	4	4	12	80
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	3	13	86.67
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	4	5	3	12	80.00
2. ด้านการนำไปใช้					
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	5	4	4	13	86.67
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	4	4	4	12	80.00
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	5	5	4	14	93.33
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	4	5	4	13	86.67
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	4	4	3	11	73.33
รวม	64	65	55	184	81.78

ตาราง 28 ผลการประเมินโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ในการทดลอง
ขั้น 1 ต่อ 10

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นที่มีต่อหน่วยการเรียนรู้				
	นักเรียนกลุ่ม 3:3:3				
	เก่ง	ปานกลาง	อ่อน	รวม	ร้อยละ
1. ด้านการนำเสนอบทเรียน					
1.1 การเร้าความสนใจของบทเรียน.	10	12	14	36	80
1.2 ขนาดและสีของตัวอักษร	12	14	14	40	88.89
1.3 สีพื้นของพื้นหลัง	12	12	14	38	84.44
1.4 เนื้อหาและการจัดวางกรอบเนื้อหา	12	14	14	40	88.89
1.5 รูปภาพประกอบสอดคล้องกับเนื้อหา.	11	12	13	36	80
1.6 การทำงานของปุ่มคำสั่งมีความสะดวก	13	14	14	41	91.11
1.6 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน	14	14	14	42	93.33
1.7 เสียงประกอบมีความถูกต้องชัดเจน	12	13	14	39	86.67
1.8 วิดีทัศน์สอดคล้องกับเนื้อหา	12	13	14	39	86.67
1.8 ภาพเคลื่อนไหวตรงกับเนื้อหา	12	12	13	37	82.22
2. ด้านการนำไปใช้					
2.1 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาบทเรียนกับเวลาเรียน	13	13	14	40	88.89
2.2 การเข้าสู่เนื้อหาของแต่ละหน่วยเรียนมีความสะดวก	13	12	13	38	84.44
2.3 การเข้า-ออกจากบทเรียนทำได้ง่าย	13	15	14	42	93.33
2.4 การแสดงผลการประเมินแบบฝึกหัด มีความถูกต้องแม่นยำ	14	14	14	42	93.33
2.5 ประเมินให้หน่วยเรียนนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับ	11	13	14	38	84.44
รวม	184	197	207	588	87.11

ภาคผนวก ง

- ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจกของกลุ่มทดลอง ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียน
- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียนของกลุ่มทดลอง ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียน
- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียนของกลุ่มทดลอง ในการทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียนของกลุ่มควบคุม ในการทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 29 การหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	.48	.50	21	.56	.25
2	.28	.38	22	.44	.50
3	.52	.38	23	.20	.25
4	.32	.25	24	.52	.63
5	.60	.25	25	.48	.25
6	.28	.25	26	.52	.50
7	.40	.25	27	.56	.63
8	.32	.25	28	.24	.25
9	.56	.75	29	.44	.38
10	.56	.50	30	.56	.25
11	.20	.25	31	.56	.38
12	.36	.75	32	.80	.38
13	.40	.25	33	.60	.75
14	.44	.63	34	.44	.38
15	.52	.63	35	.64	.63
16	.64	.50	36	.32	.25
17	.68	.38	37	.60	.38
18	.52	.63	38	.52	.63
19	.56	.25	39	.44	.25
20	.20	.38	40	.72	.25

ค่าความเชื่อมั่น .85

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่อง
ปรากฏการณ์เรือนกระจกของกลุ่มทดลอง ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียน

คนที่	คะแนนแบบฝึกหัด	คะแนนแบบทดสอบ หลังเรียน	E1/E2 (80/80)
1	38	35	95/87.5
2	37	27	92.5/67.5
3	34	23	85/57.5
4	32	34	80/85
5	39	37	97.5/92.5
6	32	31	80/77.5
7	38	37	95.92.5
8	33	36	82.5/90
9	37	26	92.5/65
10	38	35	95/87.5
11	36	34	90/85
12	33	25	82.5/62.5
13	37	39	92.5/97.5
14	38	36	95/90
15	29	23	72.8/57.5
16	36	29	90/72.5
17	36	30	90/75
18	39	38	97.5/95
19	38	27	95/67.5
20	39	38	97.5/95
21	33	35	82.5/87.5
22	37	30	92.5/75
23	30	31	75/77.5
24	31	38	77.5/95
25	37	36	92.5/90
รวม	887	810	88.7/81

ตาราง 31 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ของกลุ่มทดลอง ในการทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	ผลต่างของคะแนน
1	28	37	9
2	24	31	7
3	20	27	7
4	16	23	7
5	22	32	10
6	12	34	22
7	19	30	11
8	25	35	10
9	21	31	10
10	17	28	11
11	22	33	11
12	11	27	16
13	22	33	11
14	24	38	14
15	12	28	16
16	22	35	13
17	23	29	6
18	22	37	15
19	26	34	8
20	20	35	15
21	15	30	15
22	18	31	13
23	25	35	10
24	24	37	13
25	16	36	20

ตาราง 32 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียนของกลุ่มทดลอง ในการ
ทดลองศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	ผลต่างของคะแนน
1	22	35	13
2	10	27	17
3	12	23	11
4	18	34	16
5	22	37	15
6	19	31	12
7	24	37	13
8	21	36	15
9	15	26	11
10	17	35	18
11	21	34	13
12	10	25	15
13	30	39	9
14	23	36	13
15	9	23	14
16	13	29	16
17	18	30	12
18	22	38	16
19	16	27	11
20	29	38	9
21	29	35	6
22	21	30	9
23	15	31	16
24	24	38	14
25	20	36	16

ตาราง 33 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนและหลังการเรียนของควมคุม ในการทดลอง
ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	ผลต่างของคะแนน
1	18	21	3
2	15	17	2
3	23	24	1
4	16	18	2
5	23	27	4
6	12	15	3
7	19	20	1
8	20	17	3
9	21	19	2
10	16	15	1
11	19	22	3
12	21	20	1
13	18	27	9
14	21	25	4
15	26	29	3
16	17	20	3
17	18	15	3
18	23	30	7
19	21	21	0
20	23	25	2
21	25	31	6
22	15	12	3
23	23	20	3
24	25	24	1
25	17	18	1

ภาคผนวก จ

- คู่มือการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก
- ตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก

**คู่มือการใช้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก**

การใช้งานและการติดตั้งบน Windows 95 และ Windows 98

1. ใส่แผ่น CD ปรากฏการณ์เรือนกระจก ลงไปใน CD-ROM Drive
2. เครื่องจะทำการเปิดโปรแกรมโดยอัตโนมัติ
3. หากต้องการติดตั้งลงในเครื่องให้ออกจากบทเรียนฯ แล้วคลิกที่ปุ่ม Start แล้วเลือกเข้าสู่ Windows explorer
4. เมื่อเข้าสู่ Windows explorer แล้วใช้เมาส์คลิกในหน้าต่างที่มี File ชื่อ Intro . exe หลังจากนั้นให้กดปุ่ม Ctrl พร้อมกับปุ่ม A
5. File ทั้งหมดในหน้าต่างจะเป็นแถบสี จากนั้นให้คลิกเมาส์ปุ่มขวาแล้วเลือกคลิกไปที่ Copy
6. จากนั้นให้ใช้เมาส์คลิกที่ Drive C: แล้วคลิกเมาส์ที่ปุ่มขวาแล้วเลือกคลิกไปที่ Paste
7. เครื่องจะทำการ Copy File ทั้งหมดจาก CD-ROM ลงสู่ Drive C:
8. เสร็จสิ้นการติดตั้ง

ความต้องการของระบบ

1. คอมพิวเตอร์ PC Pentium 120 MHz ขึ้นไป พร้อมอุปกรณ์มาตรฐานมีเดีย
2. หน่วยความจำ RAM อย่างน้อย 16 MB
3. จอ SVGA พร้อม Display card แสดง 16 ล้านแอดสี และตั้งความละเอียดของจอไว้ที่ 800 X 600 Pixel
4. CD-ROM 12X ขึ้นไป
5. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 95 หรือ 98
6. Sound card
7. เมาส์
8. ลำโพงหรือหูฟัง

เนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก แบ่งเป็น 7 หน่วยเรียน ได้แก่

1. ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร
2. ชั้นของบรรยากาศ
3. การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก
4. ก๊าซเรือนกระจก
5. การเกิดโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ
6. ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก
7. การควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

เมื่อท่านเรียนจบแต่ละบทเรียนแล้ว ท่านควรทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนนั้นๆด้วย โดยการคลิกปุ่มเลือกทำแบบฝึกหัดในเมนูหลัก ซึ่งจะมีเมนูสำหรับเลือกทำเนื้อหาแต่ละหน่วยเรียนด้วย

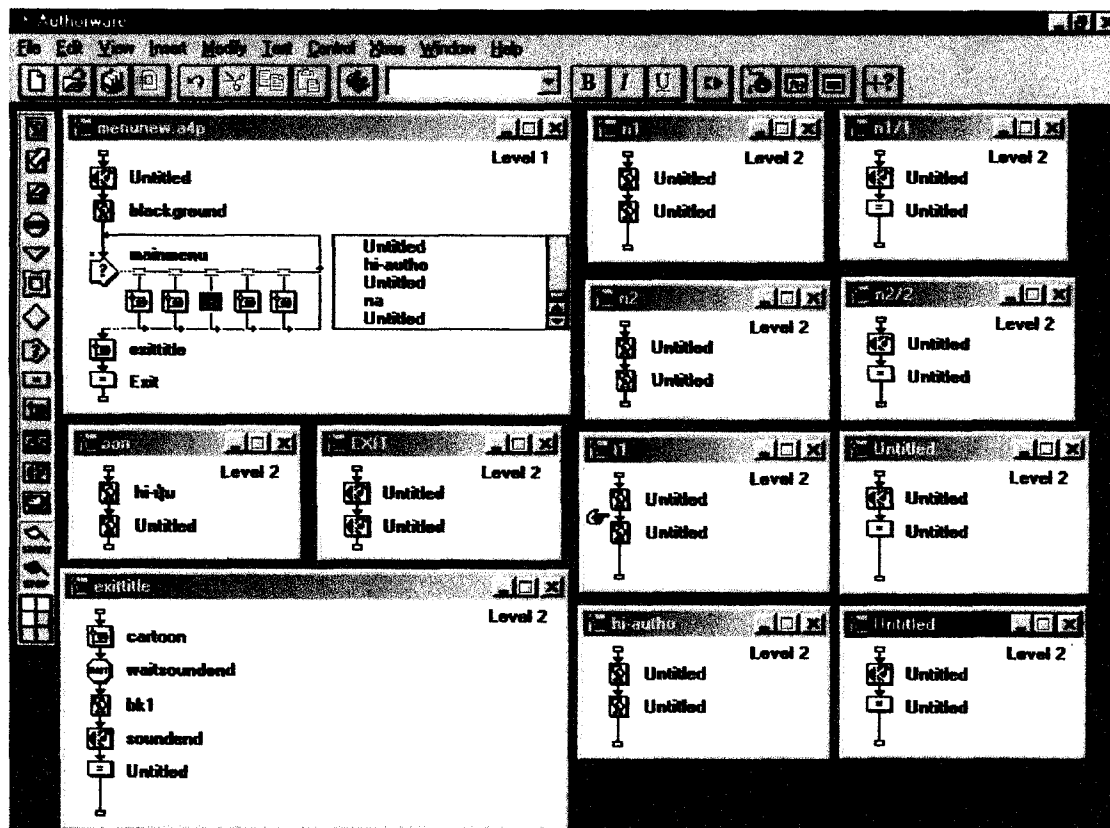
การเรียกโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมสามารถทำได้ดังนี้

1. คลิกที่ Start แล้วเลือกที่ Program จากนั้นให้เข้าไปใน Windows explorer
2. ใช้เมาส์คลิกไปที่ Drive ที่ทำการติดตั้งโปรแกรมไว้ เช่น C:
3. จากนั้นให้ลากเมาส์ไป Double คลิกที่ File ชื่อ Intro.exe
4. เครื่องจะทำการ Run โปรแกรมทันที

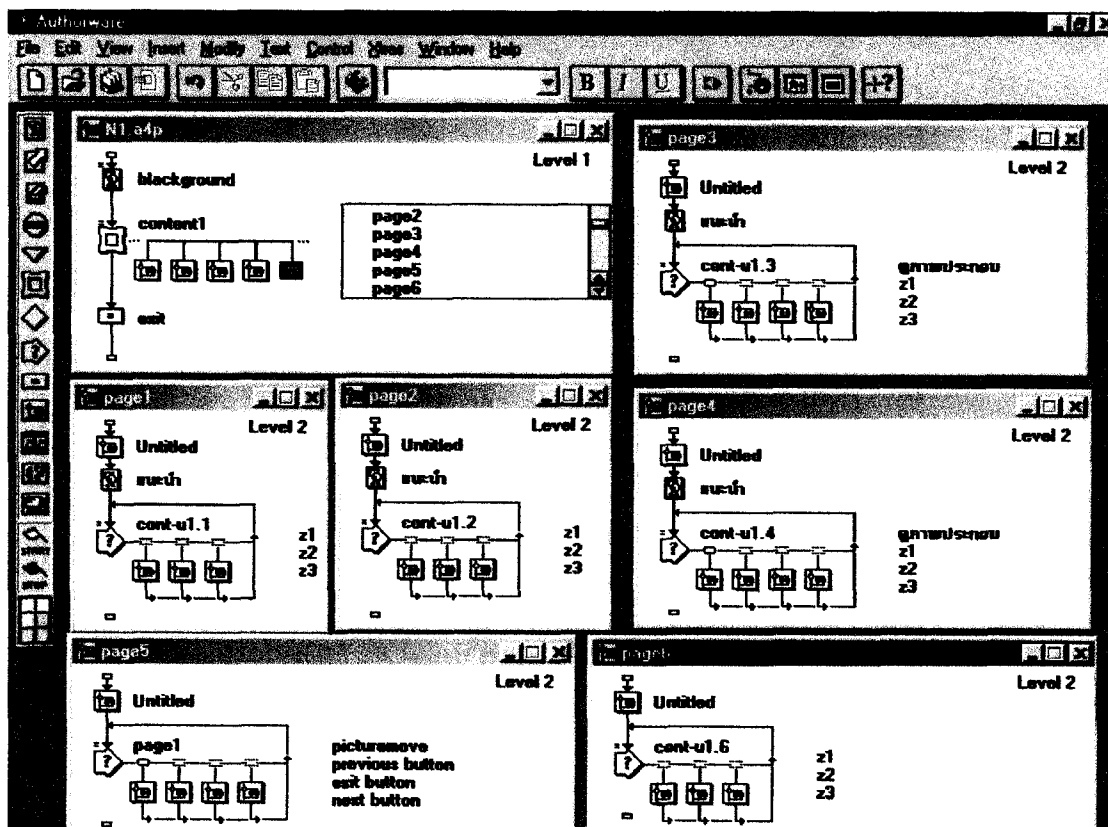
ข้อควรระวัง : หากโปรแกรมไม่สามารถ Run ได้ ควรตรวจสอบว่า File ครบทุก File หรือไม่ และห้ามลบ File ของโปรแกรมออก เพราะอาจจะทำให้โปรแกรมเกิดปัญหาได้

**ตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก**

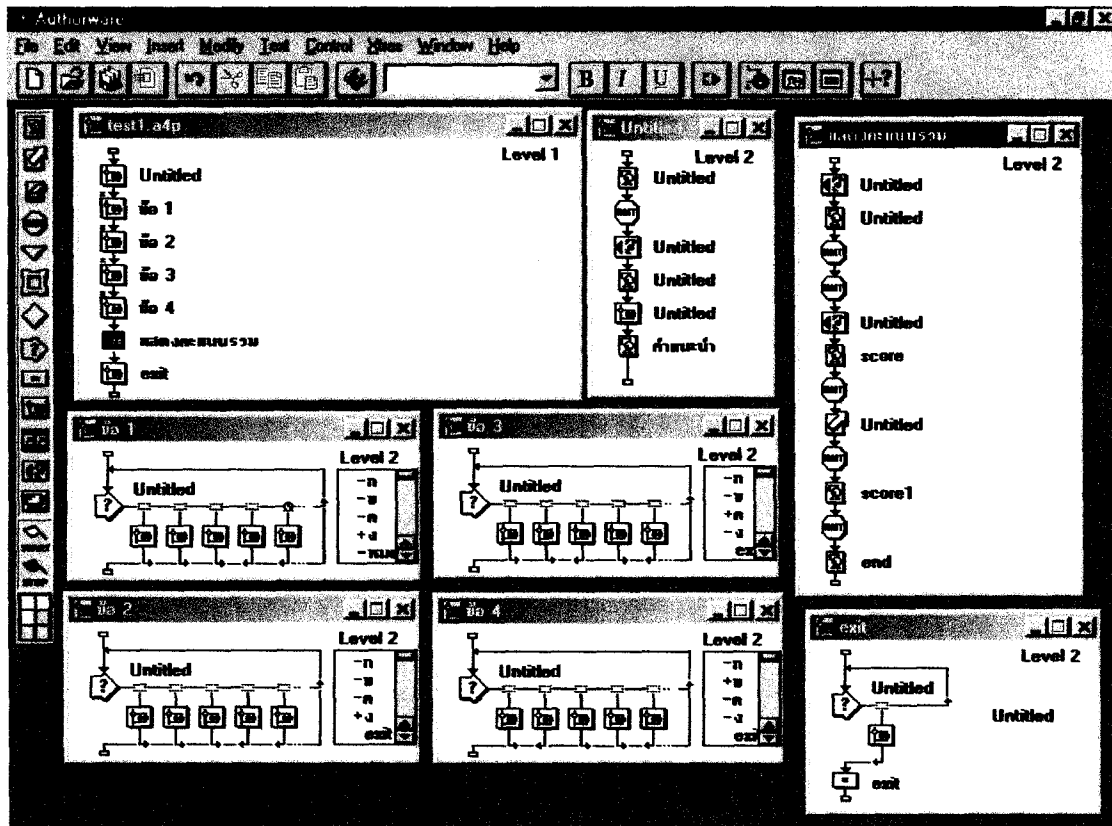
ตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมเมนูหลัก



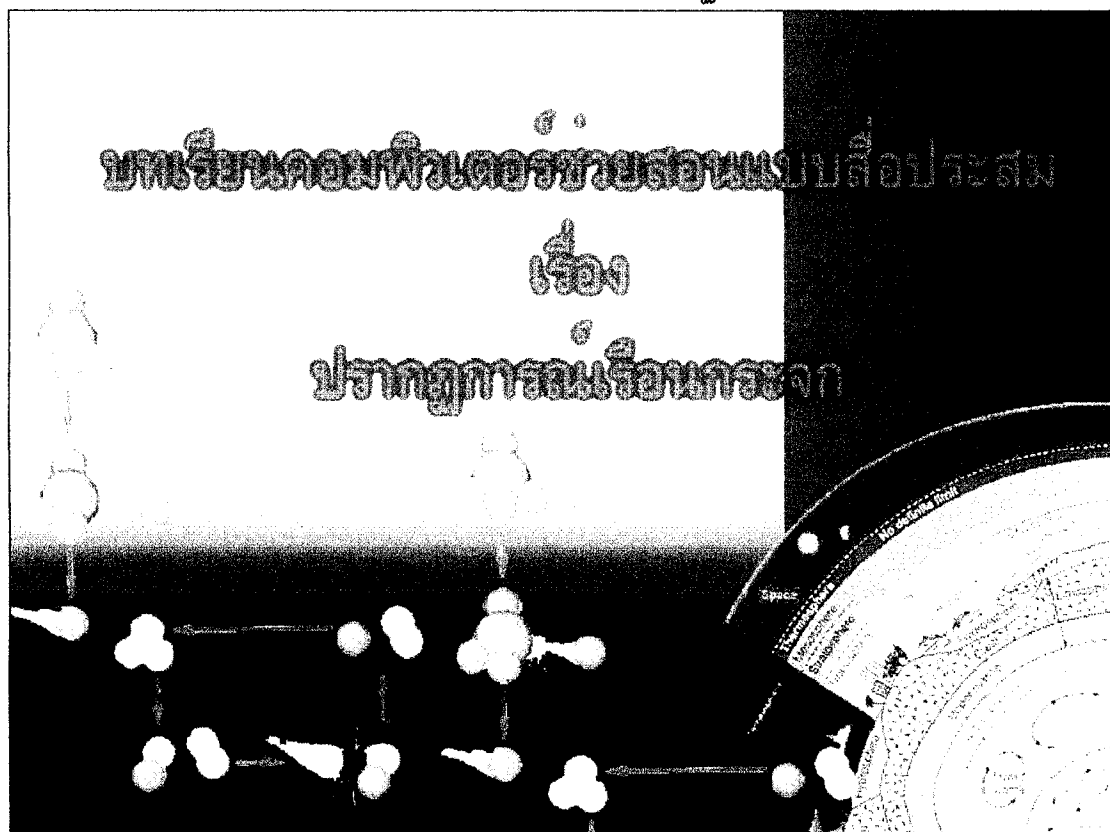
โครงสร้างโปรแกรมหน่วยเรียนที่ 1



ตัวอย่างโครงสร้างโปรแกรมแบบฝึกหัด



ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก



ตัวอย่างเมนูหลัก





จุดประสงค์การเรียนรู้

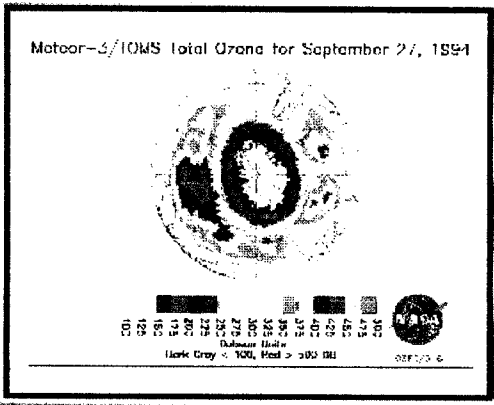
เมื่อเรียนจบหน่วยเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ถูกต้อง
2. อธิบายถึงความสำคัญของกระบวนการต่างๆ ที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้

28 September 2000 1:20:15

ถ้าเรียนจบหน่วยนี้แล้ว ไปลงฝึกปฏิบัติที่ภายนอกต่อไป





ความหมาย

ปรากฏการณ์เรือนกระจก คือ กระบวนการที่ชั้นบรรยากาศของโลกเกิดการกักเก็บความร้อนโดยมีกระบวนการที่สำคัญดังนี้

28 September 2000 1:20:59

ถ้าเรียนจบหน่วยนี้แล้ว ไปลงฝึกปฏิบัติที่ภายนอกต่อไป



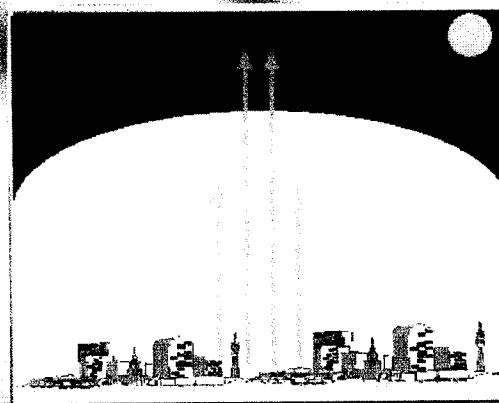


ปรากฏการณ์เรือนกระจกประกอบด้วย

1. กระบวนการที่ชั้นบรรยากาศของโลกดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ส่วนหนึ่งและยอมให้รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านลงสู่ผิวโลกได้อีกส่วนหนึ่ง

28 September 2000 1:29:21

ไปคลิกเพื่อดูภาพประกอบก่อนคลิกปุ่มเพื่อศึกษาหน้าต่อไป



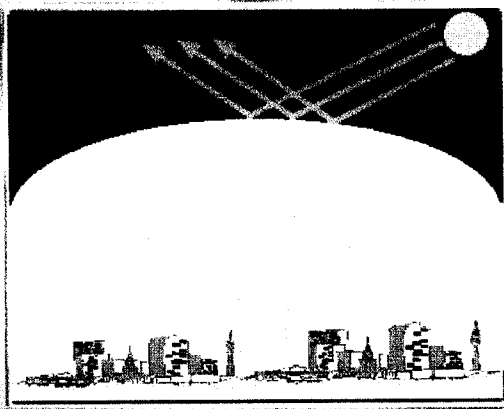
ปรากฏการณ์เรือนกระจกประกอบด้วย

2. กระบวนการที่ชั้นบรรยากาศของโลกดูดซับรังสีความร้อนจากพื้นโลกไว้ส่วนหนึ่งและยอมให้รังสีจากพื้นโลกผ่านออกสู่อวกาศได้อีกส่วนหนึ่ง

28 September 2000 1:30:23

ไปคลิกเพื่อดูภาพประกอบก่อนคลิกปุ่มเพื่อศึกษาหน้าต่อไป





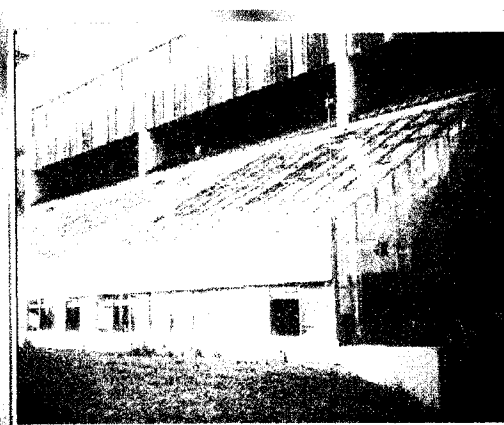
28 September 2000 1:31:57

ไปคลิกเพื่อดูภาพประกอบก่อนคลิกปุ่มเพื่อศึกษาหน้าต่อไป



ปรากฏการณ์เรือนกระจกประกอบด้วย

3. กระบวนการที่ชั้นบรรยากาศของโลกสะท้อนกลับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ออกสู่อวกาศ และสะท้อนกลับรังสีความร้อนจากพื้นผิวโลกกลับไปยังผิวโลก



28 September 2000 1:32:26

ถ้าไม่เริ่มจบหน้านี้แล้ว ไปคลิกปุ่มเพื่อศึกษาหน้าต่อไป



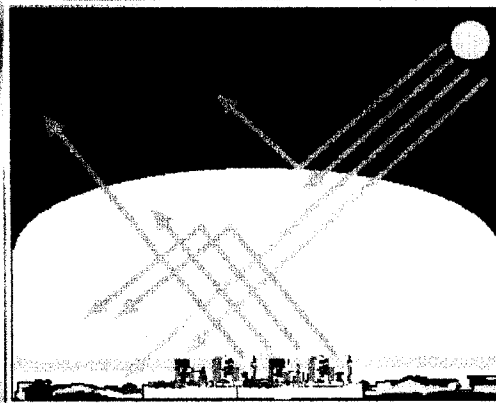
ลักษณะการกักเก็บความร้อนของปรากฏการณ์เรือนกระจก ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการเกษตรกรรม เช่น การปลูกพืชในเรือนกระจกของประเทศในเขตร้อน



ในปัจจุบันก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกมากกว่าภาวะปกติ จึงทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตบนโลกเป็นอย่างมาก

28 September 2000 1:34:32

ถ่ายจากสถานีอวกาศแล้ว ไปคลิกเพื่อดูที่ขยายใหญ่ไป

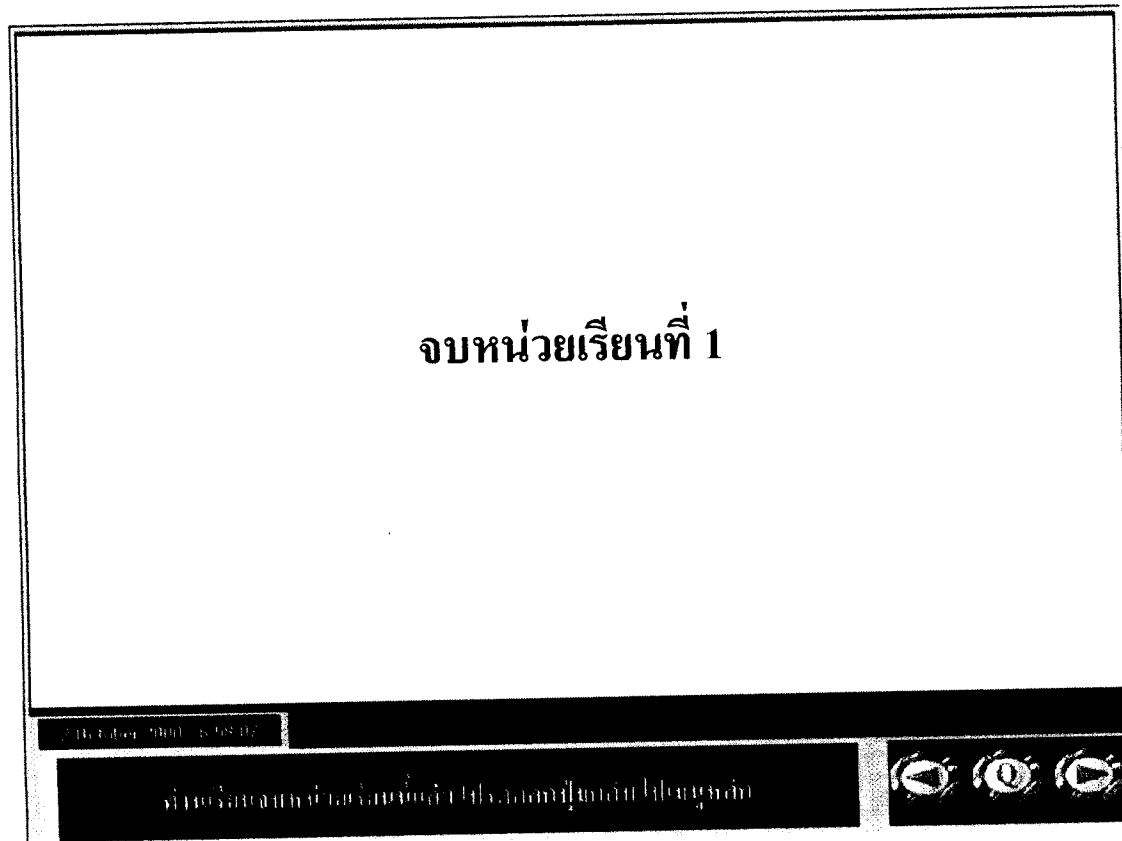


ปรากฏการณ์เรือนกระจก คือ ปรากฏการณ์การกักเก็บความร้อนของโลก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับชั้นบรรยากาศของโลกโดยตรง ในสภาวะปกติ จะช่วยให้บรรยากาศของโลกอบอุ่น เหมาะสมต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต แต่ในปัจจุบันมนุษย์ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น ดังนั้นปรากฏการณ์เรือนกระจกจึงเกิดขึ้นมากกว่าภาวะปกติ ทำให้เกิดผลกระทบต่อโลกอย่างมากมาย

20 September 2000 1:35:49

ถ่ายจากสถานีอวกาศแล้วคลิกเพื่อดูที่ขยายใหญ่คลิก





ตัวอย่างแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน



แบบฝึกหัดทบทวนความรู้ที่ 1

โจทย์ : **หาพหุคูณที่มีแบบฝึกหัดแบบเครื่องคิดเลข
ทั้งหมด 4 ข้อ 4 คะแนน

**ดูเวลาที่เวลาแบบฝึกหัดข้อละ 1 นาที

**หากตอบผิดดูผลมีเวลาตอบใหม่ได้อีก 1 ครั้ง

เมื่ออ่านโจทย์เรียบร้อยแล้ว
โปรดคลิกปุ่มเวลาเริ่มทำแบบฝึกหัด



แบบฝึกหัดทบทวนความรู้ที่ 1



1. ปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดจากข้อใด

- ก. บรรยากาศดูดซับรังสีความร้อนจากผิวโลกบางส่วน และปล่อยออกสู่อวกาศบางส่วน
- ข. บรรยากาศดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์บางส่วน และให้ผ่านลงสู่ผิวโลกบางส่วน
- ค. บรรยากาศสะท้อนกลับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และสะท้อนกลับรังสีความร้อนจากผิวโลก
- ง. ทุกข้อรวมกัน

เมื่ออ่านโจทย์แล้ว กรุณาคลิก



แบบฝึกหัดทบทวนวิชาฟิสิกส์ 1



2. หากโลกไม่มีกระบวนการกักเก็บความร้อนจะเกิดผลอย่างไร

- ก. อุณหภูมิคงที่ทั้งกลางวันและกลางคืน
- ข. อุณหภูมิต่ำมากทั้งกลางวันและกลางคืน
- ค. อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างมากทั้งกลางวันและกลางคืน
- ง. อุณหภูมิสูงมากในตอนกลางวันและอุณหภูมิต่ำมากในตอนกลางคืน

เลือกคำตอบที่ถูกต้อง



ออก

แบบฝึกหัดทบทวนวิชาฟิสิกส์ 1



3. เรือนกระจกที่ใช้ในการเกษตรมีผลต่ออุณหภูมิภายในอย่างไร

- ก. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกเท่ากับอุณหภูมิภายนอก
- ข. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก
- ค. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก
- ง. อุณหภูมิภายในเรือนกระจกเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

เลือกคำตอบที่ถูกต้อง



ออก

แบบฝึกหัดทบทวนเรื่องที่ ๑



4. ผนังของเรือนกระจกที่ใช้ในการเกษตรเปรียบได้กับส่วนใดของโลก

- ก. มหาสมุทร
- ข. บรรยากาศ
- ค. พื้นผิวโลก
- ง. แม่น้ำลำธารและป่าไม้

ก่อนกดปุ่มคำตอบให้กดปุ่ม



ออก

แบบฝึกหัดทบทวนเรื่องที่ ๑

รายงานผลการเรียน

คุณทำแบบฝึกหัดได้ 4 คะแนน

จากคะแนนทั้งหมด 4 คะแนน

ก่อนกดปุ่มคำตอบให้กดปุ่ม
โปรแกรมเปิดออกเพื่อกลับไปเมนูแบบฝึกหัด



ออก

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายชูเกียรติ วีระนิตกุล
วัน เดือน ปีเกิด	24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2515
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	399/274 ซอยโชคชัยร่วมมิตร ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทรศัพท์ 6914973
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	399/274 ซอยโชคชัยร่วมมิตร ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2533	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ
พ.ศ. 2539	ค.บ.(วิทยาศาสตร์ทั่วไป) สถาบันราชภัฏธนบุรี กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2543	กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม
เรื่อง “ปรากฏการณ์เรือนกระจก”
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทคัดย่อ
ของ
ชูเกียรติ ชีระนิตกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
ตุลาคม 2543

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง“ปรากฏการณ์เรือนกระจก” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง“ปรากฏการณ์เรือนกระจก” ตามแนวทางที่ได้ดัดแปลงรูปแบบการวิจัยและพัฒนาของบอร์กและกอล โดยใช้โปรแกรม Authorware Professional Version 4.0 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม ซึ่งประกอบด้วย 7 หน่วยเรียนดังนี้ ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร ชั้นของบรรยากาศ การแผ่รังสีและสมดุลความร้อนของโลก ก๊าซเรือนกระจก การเกิดก๊าซโอโซนและช่องโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ ผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก และการควบคุมก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ทั้งนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 5 ท่าน และด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 5 ท่าน จากนั้นนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้นไปหาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 477 คน เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 สูตร E1/E2

2. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนห้วยวัง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 420 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 25 คน เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่พัฒนาขึ้น และกลุ่มควบคุมจำนวน 25 คน ไม่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม โดยกลุ่มควบคุมใช้เพื่อศึกษาตัวแปรแทรกซ้อนอื่นๆ ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ Randomized Control Group Pretest Posttest Design เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติ t-test แบบ Dependent Sample

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่อง“ปรากฏการณ์เรือนกระจก” ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม เรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก กับหลังการเรียนรู้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

**A DEVELOPMENT OF THE MULTIMEDIA COMPUTER ASSISTED
INSTRUCTION LESSON ENTITLED "GREENHOUSE EFFECT"
FOR SENIOR HIGH SCHOOL STUDENTS**

**AN ABSTRACT
BY
CHOOKAIT TEERANITIGUL**

**Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
October 2000**

The purposes of this research were as follows: to develop and to evaluate the efficiency of multimedia computer assisted instruction lesson entitled "Greenhouse Effect" for senior high school, as well as to compare the achievement of students taught by this multimedia computer assisted instruction.

The multimedia computer assisted instruction lesson entitled "Greenhouse Effect" was the multimedia developed by using Borg and Gall R&D process (Research and Development). The multimedia computer assisted instruction was constructed by using Authorware Professional Version 4.0 program. The lesson entitled "Greenhouse Effect" which was divided into 7 subtitled as: What are "Greenhouse Effect", Atmosphere Layers, The Global Radiation and Heat Balances, Greenhouse Gases, Ozone and Ozone Hole on Atmosphere, Effects from "Greenhouse Effect" and Greenhouse Gas Control Process. This development process had been tested by content and computer experts. After development process, the multimedia computer assisted instruction was experimented as follows:

1. The experiment to evaluate the efficiency of the multimedia computer assisted instruction. The sample were 25 students, randomly selected by using Simple Random Sampling method from 477 student Mathayomsuksa IV students of Surasakmontri School, Bangkok, during the first semester of the 2000 academic year. One Group Pretest Posttest Design was used in the study. "The Exercises" and "The Achievement Test" were used in data collection. The E1/E2 formula and standard index of 80/80 was used for the data analysis.

2. The experiment on achievement. The sample were 50 students, randomly selected by using Simple Random Sampling method from 420 Mathayomsuksa IV students from Horwang School, Bangkok, during the first semester of the 2000 academic year. The experimental group was taught by the multimedia computer assisted instruction, and the control group was non-treatment. Randomized control Group pretest posttest design was used in the study. "The Achievement Test" were used in data collection. The t-test Dependent Sample was used for the data analysis.

The results of the research indicated that:

1. The efficiency of the multimedia computer assisted instruction lesson entitled "Greenhouse Effect" was standard index of 80/80.

2. The pretest achievement of student taught by the multimedia computer assisted instruction lesson entitled "Greenhouse Effect" and the posttest achievement were significantly different at .01 level.