

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบ
สุญญากาศ มีกระบวนการและผลการวิจัยดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศให้มีประสิทธิภาพหลัง
เรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ของผู้เรียน

สมมุติฐานของงานวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศมีประสิทธิภาพหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ของผู้เรียน

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ผู้วิจัยทำการศึกษาค้นคว้าโดยได้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบ
สุญญากาศ ตามขั้นตอนของการพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม มีขั้นตอนดำเนินการ
ออกแบบและพัฒนา ดังนี้

1. กำหนดคุณลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม
2. กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม
3. กำหนดกระบวนการในการพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม
4. ออกแบบและพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม
5. ทดสอบและปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ภายหลังจากที่ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศตาม
กระบวนการวิจัยและพัฒนาแล้ว สรุปผลได้ดังนี้

1. ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสัญลักษณ์ที่นำเสนอเนื้อหาทางด้าน ทฤษฎี หลักการ และวิธีการสร้างภาวะสัญลักษณ์ ในรูปแบบของการจำลองแบบที่นำเสนอด้วย ภาพประกอบ อักษร เสียงบรรยาย และภาพกราฟฟิคที่สร้างขึ้น โดยแบ่งออกเป็นบทเรียนย่อยเพื่อ ความสะดวกในการเรียนและช่วงเวลาของความสนใจต่อการเรียน ซึ่งเรียงตามลำดับเหตุการณ์ และความสำคัญ โดยผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนได้เองตามความสามารถของตนเองได้ตลอด บทเรียนด้วยแถบเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถเลือกบทวนเนื้อหาเดิมได้อีกครั้งเมื่อจบแต่ละ หน่วยการเรียนย่อย หรือเลือกกิจกรรมการทดลองสร้างภาวะสัญลักษณ์ด้วยตนเองได้ ซึ่งการฝึก สร้างภาวะสัญลักษณ์จำลองมาจากระบบสัญลักษณ์จริง จึงมีลักษณะของเงื่อนไขเข้ามาเกี่ยวข้อง ผู้เรียนจะต้องเลือกหรือตัดสินใจต่อการทดลองนั้น เมื่อผู้เรียนปฏิบัติถูกต้องตามเงื่อนไขก็จะ สามารถปฏิบัติขั้นต่อไปได้ แต่ถ้าผู้เรียนปฏิบัติไม่ถูกต้อง จะมีการแจ้งจากบทเรียนให้ผู้เรียนทราบ ว่าปฏิบัติไม่ถูกต้อง และจะให้ผู้เรียนกลับไปเริ่มต้นการทดลองใหม่อีกครั้ง

2. จากการทดลองใช้ในภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 ชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างนำบทเรียนไปติดตั้งเพื่อศึกษาและทำ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีผู้ผ่านการทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งสิ้น 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33

3. นำค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพหลังเรียนมาทำการทดสอบทาง สถิติเพื่อเปรียบเทียบว่าเป็นสัดส่วนเดียวกับกลุ่มประชากร ผลปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย ฝึกอบรมระบบสัญลักษณ์มีประสิทธิภาพหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05

4. หลังจากที่ได้ผู้เรียนได้เรียนและทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วได้แสดงความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสัญลักษณ์ใน 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้าน คุณภาพการสอน ด้านการออกแบบ ด้านเทคนิคของโปรแกรม และด้านคู่มือประกอบบทเรียน อยู่ ในระดับเหมาะสมดี ($\bar{X}=4.05$)

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยขออภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสัญลักษณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ผ่าน กระบวนการพัฒนาตามขั้นตอนของการวิจัย ซึ่งทำให้ได้ประสิทธิภาพหลังเรียนของผู้เรียนสูงกว่า

ร้อยละ 80 ของผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนที่ศึกษาและผ่านการฝึกสร้างภาวะปัญญาภาคจากบทเรียนนี้แล้ว เกิดความรู้และเข้าใจต่อระบบปัญญาภาค แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมที่นำเสนอในรูปแบบการจำลองแบบและการจำลองสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์มีความเหมาะสมต่อการนำเสนอในเนื้อหาของระบบปัญญาภาค ซึ่งการสร้างบทเรียนดังกล่าวผ่านกระบวนการพัฒนาตามขั้นตอน สามารถอธิบายเป็นประเด็นย่อย ๆ ได้ดังนี้

1.1 การกำหนดคุณลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดคุณลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีของฉลอง ทับศรี (ฉลอง ทับศรี 2536, หน้า 2 - 5) : ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องมีจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนที่ชัดเจน สร้างขึ้นเพื่อกลุ่มผู้เรียนที่เฉพาะเจาะจง มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเครื่องให้มากที่สุด ใช้เพื่อการศึกษาเป็นรายบุคคล กระตุ้นและคงความสนใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์จากเนื้อหาของระบบปัญญาภาคแล้วพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบปัญญาภาคที่จะพัฒนาขึ้นควรเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง ซึ่งจะมีลักษณะการนำเสนอบทเรียนในรูปแบบของการจำลองแบบ (simulation) โดยเสนอเนื้อหาด้านทฤษฎี หลักการ และวิธีการทำงานของระบบ ในส่วนของแบบฝึกการสร้างปัญญาภาคด้วยตนเอง ผู้วิจัยใช้การจำลองสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation) ในการสร้างและบังคับให้ผู้เรียนต้องตัดสินใจแก้ปัญหา (problem-solving) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ซูก (Sook, 1995, หน้า 234 อ้างถึงใน ปรสิญจน์ท์ นิลสุข, 2543, หน้า 47) คือการให้ผู้เรียนเป็นผู้คิดและตัดสินใจเอง กระบวนการดังกล่าวจะเป็นกระบวนการหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการคิดได้ โดยผู้เรียนจะต้องเข้าไปอยู่ในสถานการณ์จริงที่เขาจะต้องตัดสินใจ เมื่อผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเขาจะไม่อยู่เฉย จะมีความพยายามในการคิดและตัดสินใจ ก็จะทำให้กระบวนการคิดสามารถลึกลงไปได้ เมื่อเกิดกระบวนการคิดขึ้นก็จะมีการถ่ายโยงกระบวนการคิดไปสู่สถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งซูก (Sook, 1995, หน้า 233 – 239 อ้างถึงใน ปรสิญจน์ท์ นิลสุข, 2543, หน้า 52) ได้ทำการศึกษาคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เพื่อสร้างกรอบแนวคิดในการสอนเพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาเกรด 5 ของโรงเรียนเอกชน ในเมืองแคมเปญ มลรัฐอิลลินอยส์ จำนวน 25 คน นำนักเรียนมาเรียนด้วยคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์มีการทดสอบการคิดทั้งก่อนและหลังการทดลองพบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และมีเจตคติต่อโปรแกรมอยู่ในระดับดี

1.2 การกำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาบทเรียน เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมนั้นนำเสนอในระบบมัลติมีเดียซึ่งประกอบด้วย รูปภาพ อักษร เสียงประกอบ และแสดงภาพเคลื่อนไหวด้วยภาพจำลอง ซึ่งรูปภาพที่นำมาแสดงในบทเรียนต้องนำเข้าคอมพิวเตอร์ด้วยเครื่อง Scanner และกล้องถ่ายภาพดิจิทัล ที่ให้ความละเอียดของภาพได้ดี เสียงที่นำเข้าทาง Sound card และสร้างภาพเคลื่อนไหวด้วยภาพจำลอง จะต้องสร้างด้วยโปรแกรมที่มีความสามารถในการสร้างงานประเภทมัลติมีเดีย และรองรับต่อการรับคำสั่งในการควบคุมของผู้เรียน ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้โปรแกรม Macromedia Flash MX ซึ่งรองรับต่อการแสดงผลทั้งหมดที่ผู้วิจัยต้องการนำเสนอเนื้อหาในระบบสัญญาณภาพ แต่เมื่อมาพิจารณาจากลักษณะเนื้อหาที่นำมาสร้างภาพการจำลองสถานการณ์ และลักษณะการทำงานของโปรแกรม Macromedia Flash MX ที่มีโครงสร้างการนำเสนอเป็นเฟรมต่อเฟรม ลักษณะเดียวกับการสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน ซึ่งต้องทำการประมวลผลทั้งภาพกราฟิกที่สร้างขึ้น ภาพประกอบจริงที่นำเข้าโดยเครื่อง Scanner และเสียงที่ถูกบันทึกในลักษณะ .wav ที่มีขนาดใหญ่แต่ละตัวต่อการติดต่อ ทั้งหมดนี้ถูกนำไปใช้ในการสร้างพร้อมกัน จึงจำเป็นที่จะต้องให้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพในการประมวลผลสูง มีหน่วยความจำมากและมีขนาดของเนื้อที่ (hardisk) ในการเก็บงานมาก ผู้วิจัยจึงใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบประมวลผลรุ่น Pentium III RAM 256 Mb ระบบปฏิบัติการ Windows XP ในการสร้างบทเรียน ซึ่งผลที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือ เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลนานมากเมื่อทำการบันทึกหรือเมื่อผู้วิจัยต้องการดูผลงานการสร้าง บางบทเรียนใช้เวลาจนกว่า 20 นาทีในการประมวลผล หากเป็นไปได้ควรใช้เครื่องที่มีระบบประมวลผลสูงกว่านี้และมี RAM มากกว่านี้

1.3 การกำหนดกระบวนการในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการออกแบบและการพัฒนาตามแผนภูมิโครงสร้างการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมของฉลอง ทับศรี (ฉลอง ทับศรี, 2536, อ้างถึงใน วีรพงศ์ อ่อนอก, 2540, หน้า 56) คือ วิเคราะห์ ออกแบบ พัฒนา/ปรับปรุง ประเมิน/ไปใช้ โดยผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ผู้เรียนและการวิเคราะห์เนื้อหา

ในการวิเคราะห์ผู้เรียนนั้น ผู้วิจัยและผู้สอนวิชาเทคโนโลยีสัญญาณและโทรคมนาคม เห็นว่าผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้แก่ นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชั้นปีที่ 2 ชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 จำนวนทั้งสิ้น 30 คน ซึ่งมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน และมีทักษะในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภายใต้ระบบ Microsoft Windows เพียงพอต่อการเรียนด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

ส่วนการวิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาพร้อมกับผู้สอนวิชาเทคโนโลยีสุญญากาศโดยใช้เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีสุญญากาศเป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ พบว่า เนื้อหาบทเรียนที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศจะต้องเริ่มจากพื้นฐานความรู้ด้านสุญญากาศซึ่งประกอบด้วยแนวคิดเกี่ยวกับแก๊ส ความดันและภาวะสุญญากาศ จากนั้นจึงอธิบายถึงส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบสุญญากาศที่จำเป็นต่อการสร้างภาวะสุญญากาศ ต่อจากนั้นจึงอธิบายถึงแนวคิดของการสร้างภาวะสุญญากาศ การเปิดปิดระบบสุญญากาศ จากความรู้ดังกล่าวข้างต้นจึงนำมาประมวลเป็นการฝึกปฏิบัติในการสร้างภาวะสุญญากาศ ผลจากการวิเคราะห์เนื้อหาผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาบทเรียนออกเป็น 3 บทเรียน 1 แบบฝึกปฏิบัติ คือ

บทเรียนที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ ประกอบด้วย 7 บทเรียนย่อย คือ สุญญากาศคืออะไร?, ธรรมชาติของแก๊ส, แก๊สอุดมคติ, แก๊สทำให้เกิดความดันได้อย่างไร, กฎของบอยล์และกฎของชาร์ล, เราสร้างภาวะสุญญากาศได้อย่างไร

บทเรียนที่ 2 ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ ประกอบด้วย 5 บทเรียนย่อย คือ ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ, ภาชนะสุญญากาศ (vacuum chamber), เครื่องสูบลสุญญากาศ (vacuum pump), มาตรวัดความดัน (pressure gauge), ท่อและวาล์ว (pipe and valves)

บทเรียนที่ 3 การสร้างภาวะสุญญากาศ ประกอบด้วย 4 บทเรียนย่อย คือ การสร้างภาวะสุญญากาศ, การเปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ, ปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ, การเปิดภาชนะสุญญากาศชั่วคราว

แบบฝึกปฏิบัติ การฝึกการสร้างภาวะสุญญากาศ ประกอบด้วย การฝึกสร้างภาวะสุญญากาศต่ำและการฝึกสร้างภาวะสุญญากาศสูง

จะเห็นได้ว่าเนื้อหาบทเรียนที่ผู้วิจัยเลือกนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งบทเรียนออกเป็นบทเรียนย่อยเพื่อความสะดวกในการเรียนและช่วงเวลาของความสนใจต่อการเรียน โดยเรียงลำดับเหตุการณ์ ความสำคัญ โดยผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนได้เองตามความสามารถของตนเองได้ตลอดบทเรียน สามารถเลือกทบทวนเนื้อหาเดิมได้อีกครั้ง หรือเลือกกิจกรรมการทดลองสร้างภาวะสุญญากาศด้วยตนเองได้ ซึ่งการฝึกสร้างภาวะสุญญากาศนี้จำลองมาจากระบบสุญญากาศจริง จึงมีลักษณะของเงื่อนไขเข้ามาเกี่ยวข้อง ผู้เรียนจะต้องเลือกหรือตัดสินใจต่อการทดลองนั้น เมื่อผู้เรียนปฏิบัติถูกต้องตามเงื่อนไขก็จะสามารถปฏิบัติขั้นต่อไปได้ แต่ถ้าผู้เรียนปฏิบัติไม่ถูกต้อง จะมี

การแจ้งจากบทเรียนให้ผู้เรียนทราบว่าปฏิบัติไม่ถูกต้อง และจะให้ผู้เรียนกลับไปเริ่มต้นการทดลองใหม่อีกครั้ง

1.4 ขั้นการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาแล้ว จึงได้กำหนดจุดประสงค์ของบทเรียนขึ้น คือ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้และความเข้าใจในระบบสัญญาณภาคโดยผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสัญญาณภาคไปประยุกต์กับระบบสัญญาณภาคอื่น ๆ ได้ จากนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนและเนื้อหาที่นำเสนอรวมถึงการฝึกให้ผู้เรียนสามารถสร้างภาวะสัญญาณภาคด้วยตนเองได้ โดยคำนึงถึงความสามารถในการนำเสนออีกกิจกรรมต่าง ๆ ผ่านหน้าจอบทเรียน ความสะดวกในการติดตั้งและใช้งานบทเรียน ความถูกต้องของเนื้อหา ภาษา และข้อความที่นำเสนอ รวมถึงความเหมาะสมในด้านความสวยงามที่เหมาะสมต่อวัยของผู้เรียน (ฉลอง ทับศรี, 2536, หน้า 8) โดยยึดหลักลักษณะการจัดสภาพการณ์การเรียนการสอนของกาเย่ (Gange, 1985) คือ ได้รับความสนใจ, แจ้งจุดมุ่งหมายแก่ผู้เรียน, สร้างสถานการณ์เพื่อดึงดูดความรู้, เสนอบทเรียน, ชี้แนะแนวทางการเรียน, ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ, การให้ข้อมูลย้อนกลับ, การวัดการปฏิบัติ, และการย้ำให้เกิดความจำและการถ่ายโอนความรู้

โดยในการออกแบบแบบฝึกหัดระหว่างเรียนนับว่าเป็นจุดที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะเป็นจุดที่สร้างความเข้าใจของผู้เรียนต่อระบบสัญญาณภาคเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบสัญญาณภาคจริง ถึงวิธีการทำงาน ขั้นตอนการทำงาน รวมถึงขั้นตอนการเปิดปิดระบบสัญญาณภาค เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง แล้วจึงออกแบบและจัดทำต้นแบบการฝึกสร้างภาวะสัญญาณภาคด้วยตนเอง เพื่อทดสอบการสั่งการและตรวจสอบความถูกต้องของขั้นตอนการทำงานกับอาจารย์ผู้สอนระบบสัญญาณภาค เมื่อขั้นตอนทั้งหมดถูกต้อง ผู้วิจัยจึงปรับปรุงรูปแบบที่นำเสนอให้ใกล้เคียงกับระบบสัญญาณภาคจริง รวมถึงการออกแบบบทเรียนโดยเน้นการนำเสนอรูปภาพประกอบ เนื่องจากภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นภาพของระบบสัญญาณภาคได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับสุกรี รอดโพธิ์ทอง (2535, หน้า 40) ที่ว่า การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นและเกิดความคงทนในการจำจะดีกว่าการใช้คำพูดเพียงอย่างเดียว และภาพจะอธิบายในสิ่งที่เป็นามธรรมได้ง่ายต่อการรับรู้ และในส่วนของกระบวนการและขั้นตอนการทำงานของระบบ ผู้วิจัยเน้นการใช้ภาพเคลื่อนไหวที่สร้างขึ้นด้วยภาพกราฟฟิคประกอบเสียงบรรยายซึ่งผู้เรียนสามารถควบคุมความเร็วในการนำเสนอได้ ย้อนกลับไปมาเพื่อดูซ้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับจิตเกษม พัฒนาศิริ (2541, อ้างถึงใน รัตนา อภิรักษาวงศ์ 2543, หน้า 80) กล่าวว่า ภาพเคลื่อนไหว เป็นภาพที่เกิดจากภาพนิ่งที่มีคุณสมบัติต่างกัน เพราะภาพที่ปรากฏบนจอภาพนั้น

สามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ ทำให้ภาพเคลื่อนไหวสามารถสื่อความหมายได้ดีกว่าภาพนิ่งทั่วไปมากนัก ภาพเคลื่อนไหวจึงเหมาะสำหรับการสาธิต แสดงขั้นตอนการทำงานด้วยภาพที่เคลื่อนไหวได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจยากถ้าอธิบายด้วยเหตุการณ์เดียวกันที่เป็นภาพนิ่ง หรือข้อความประกอบ ข้อดีอีกประการหนึ่งของแบบฝึกการสร้างสุญญากาศด้วยตนเองคือ ผู้เรียนสามารถทำการทดลองสร้างสุญญากาศบนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องเสี่ยงอันตรายหรือเสี่ยงต่อการสร้างความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่อระบบสุญญากาศจริงซึ่งมีราคาสูง ซึ่งเอ็ดเวิร์ด (Edward, 1997, pp 51-63 อ้างถึงใน ปรังญนันท์ นิลสุข, 2543, หน้า 51) เห็นว่า การจำลองสถานการณ์ในห้องปฏิบัติการจะเป็นประโยชน์และง่ายต่อการฝึก แต่จะไม่มีผลอย่างเต็มที่เท่ากับการฝึกจริงในสถานการณ์จริง แต่ก็เหมาะสำหรับผู้เรียนเริ่มต้นเพราะการจำลองสถานการณ์จะสร้างประสบการณ์ก่อนไปเจอสถานการณ์จริง

2. ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

เมื่อได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศที่ผ่านกระบวนการพัฒนาแล้ว ผู้วิจัยได้นำบทเรียนไปทดสอบหาประสิทธิภาพโดยให้กลุ่มตัวอย่างนำไปติดตั้งและศึกษา โดยผู้วิจัยได้นัดหมายให้กลุ่มตัวอย่างมาทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสัปดาห์ละ 1 บทเรียน รวมทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ หรือ 3 บทเรียน ผลการทดสอบพบว่าผู้ผ่านการทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งสิ้น 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 เมื่อทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของประชากร พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศมีประสิทธิภาพหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตรงกับสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ อีกทั้งผู้เรียนยังได้แสดงเจตคติที่ดีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ โดยได้แสดงความคิดเห็นต่อบทเรียนใน 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านคุณภาพการสอน ด้านการออกแบบ ด้านเทคนิคของโปรแกรม และด้านคู่มือประกอบบทเรียน อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมดี ($\bar{X}=4.05$) อาจเนื่องมาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล เน้นเฉพาะกลุ่มการเรียนรู้ เสนอบทเรียนย่อยสั้นและกระชับ ภาพประกอบ เสียง และภาพเคลื่อนไหวที่ถูกจำลองขึ้นง่ายต่อการเรียนรู้ มีการทดลองในลักษณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน ดังนั้นไม่ว่าผู้เรียนจะมีความแตกต่างกันในเรื่องขั้นปี เรียนเก่ง เรียนอ่อน เรียนช้าหรือเรียนเร็วก็สามารถที่จะเรียนบทเรียนได้โดยไม่แตกต่างกัน แต่จากข้อมูลการวิจัยในการแสดงความคิดเห็นของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศที่เกี่ยวข้องต่อความเข้าใจเช่น บทเรียนสร้างความสนใจดี ในด้านคุณภาพการสอน อยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X}=3.87$) การสร้างความสนใจ ในด้านการออกแบบ อยู่ในเกณฑ์ดี

($\bar{X}=3.73$) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าด้านอื่น ๆ อาจเนื่องมาจากภายในบทเรียนยังขาดกิจกรรมที่สร้างความเข้าใจหรือดึงดูดความสนใจของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นจุดที่ควรพัฒนาและปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรบระบบสุญญาภาคให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรบควรมีการวางแผนในส่วนต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นตอน มีระบบ ควรวิเคราะห์เนื้อหาให้ละเอียดจนเป็นที่เข้าใจ และสร้างบทเรียนได้ถูกต้องที่สุด จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาได้ดี

1.2 ควรจัดทีมงานในการสร้างบทเรียนได้แก่ ผู้สร้างงานด้านเนื้อหา (script) ผู้สร้างงานด้านศิลปกรรม (art work designer) ผู้สร้างงานกราฟฟิก (graphic designer) ผู้สร้างภาพเคลื่อนไหว (animation designer) ผู้บันทึกเสียง (sound recorder) และผู้เขียนโปรแกรม (programmer) เนื่องจากแต่ละส่วนงานจะต้องใช้ความเชี่ยวชาญและความชำนาญเฉพาะด้าน

1.3 ในการสร้างภาพจำลองที่เคลื่อนไหวเพื่อให้ผู้เรียนศึกษานั้น ต้องใช้ความละเอียดอ่อนในการสร้างมาก เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของโมเดลแก๊สทางฟิสิกส์ หลักการทำงาน และกระบวนการทำงานนั้นมีความซับซ้อน จึงต้องใช้การประมวลผลจากคอมพิวเตอร์สูงในการสร้างภาพจำลองต่อเนื่องให้ผู้เรียนเห็นภาพและเข้าใจ

1.4 ไม่ควรนำเสนออักษรในบทเรียนในลักษณะโปรยตัวอักษรต่อเนื่องและให้ผู้เรียนใช้ Scroll Bar ในการเลื่อนตัวอักษรเพื่ออ่านตัวอักษรในส่วนที่เหลือ เนื่องจากโปรแกรม Macromedia Flash จะพยายามปรับหน้าจอให้เต็มหน้าจอคอมพิวเตอร์จึงตัดคำที่เป็นภาษาไทยโดยไม่ใส่ใจต่อพยัญชนะและสระ จึงเกิดคำผิดอย่างมากในบทเรียนขั้นแรกที่ถูกจัดสร้างขึ้น

1.5 ภาพกราฟิกที่จำเป็นต้องใช้ในบทเรียน หากสามารถหลีกเลี่ยงนำเข้าด้วยเครื่อง Scanner หรือ โปรแกรมกราฟิกอื่น เช่น Photoshop ได้ ควรใช้เครื่องมือวาดรูปและลงสีในโปรแกรม Macromedia Flash ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานต่าง ๆ คล้ายกับโปรแกรมกราฟิกทั่วไป เนื่องจากภาพกราฟิกที่ถูกสร้างภายในโปรแกรม Macromedia Flash จะเป็นภาพกราฟิกชนิดเวกเตอร์ ซึ่งใช้คำสั่งที่มีลักษณะคล้ายสูตรทางคณิตศาสตร์ในการวาดเป็นรูปทรงขึ้นมา แทนที่จะเก็บข้อมูลเป็นจุดสีเหมือนในกรณีของกราฟิกชนิดบิตแมพ ส่งผลให้ขนาดของภาพเล็กลงและไม่เสียรายละเอียดหรือความละเอียดของภาพจะลดลงเมื่อมีการย่อหรือขยายภาพนั้น

1.6 การคำนวณหรือการประมวลผลเพื่อหาผลสัมฤทธิ์หรือแสดงผลสัมฤทธิ์จากการทดสอบในบทเรียนยังมีความยากต่อผู้ใช้ที่จะสร้างบทเรียนจากโปรแกรม Macromedia Flash เนื่องจากผู้ใช้จำเป็นต้องศึกษาและมีความสามารถทางภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ค่อนข้างมาก

1.7 ควรมีการพัฒนาบทเรียนในลักษณะเกมส์หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสอดคล้องระหว่างบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนสนใจหรือสร้างความเข้าใจต่อผู้เรียนให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากพื้นฐานของโปรแกรม Macromedia Flash มีความสามารถดังกล่าวมาพร้อมกับโปรแกรมด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

2.1 ควรมีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมที่เกี่ยวข้องกับทางด้านสุญญากาศอย่างต่อเนื่องเช่น การเคลือบฟิล์มบางด้วยระบบสปัตเตอริง (sputtering coating) หรือการบรรจุอาหารภายใต้ระบบสุญญากาศ เป็นต้น

2.2 ควรมีการนำการทดลองเชิงปฏิบัติการอื่นที่อาจมีความเสี่ยงต่อความปลอดภัยของผู้เรียนและเสี่ยงต่อความเสียหายของเครื่องมือเครื่องใช้มาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมในลักษณะการจำลองสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ (interactive simulation)