

การออกแบบระบบการเรียนการสอน (Instructional System Design)



เรียบเรียงโดย.....ไพฑูรย์ ปลอดอ่อน ศน.สพท.นครปฐม.เขต 1

ความนำ

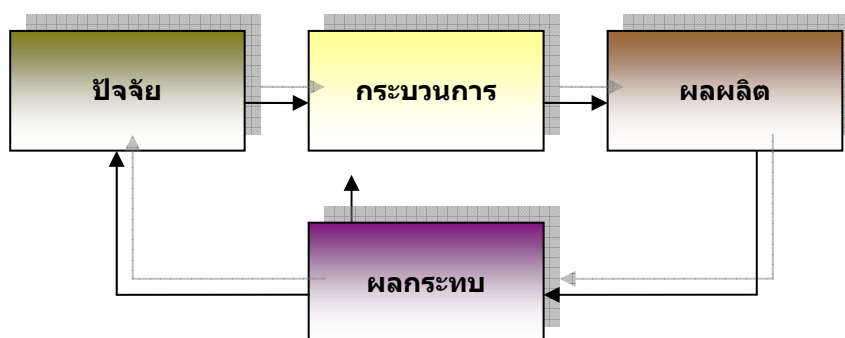
ในการจัดทำเอกสารชุดนี้ ผู้เขียน จะกล่าวถึงการออกแบบระบบการเรียนการสอนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปพัฒนาเป็นบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะขอแบ่งขั้นตอนการออกแบบระบบการเรียนการสอนออกเป็น 5 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

- ก. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)
- ข. ขั้นการออกแบบบทเรียน (Design)
- ค. ขั้นการพัฒนาบทเรียน (Development)
- ง. ขั้นการจัดทำบทเรียน (Implementation)
- จ. ขั้นการประเมินบทเรียน (Evaluation)

ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอน ผู้เขียนขอเสนอเนื้อหาพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบการเรียนการสอน เพื่อสร้างความเข้าใจเบื้องต้นบางประการให้เข้าใจตรงกันก่อนดังนี้

ความหมาย

การออกแบบระบบการเรียนการสอน เป็นการนำเอาวิธีระบบ (System Approach) มาประยุกต์ใช้กำหนดรูปแบบ ของการวางแผนจัดการเรียนการสอนกล่าวคือ ในการวางแผนจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง จะมีการพิจารณาที่ปัจจัย (Input) กระบวนการ (Process) ผลผลิต (Output) และผลกระทบ (Impact)



แผนภูมิแสดงองค์ประกอบของวิธีระบบ

ระดับของการออกแบบระบบการเรียนการสอน

1.การจัดทำ **แผนการสอน** ของครูเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนจำนวน 1- 2 ชั่วโมง ก็ถือว่าการออกแบบการสอนได้ หากมีการจัดทำแผนการสอนพิจารณาปัจจัยของการจัดการเรียนการสอนเช่นเป้าหมายของการสอน วัตถุประสงค์ของการสอน มีการวิเคราะห์เนื้อหา เลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม เลือกสื่อและวิธีการประเมินผลได้สอดคล้องกับ

กิจกรรมและวัตถุประสงค์ของการสอน เมื่อนำแผนไปใช้จัดการเรียนการสอนแล้ว มีการประเมินผลสัมฤทธิ์ผู้เรียน ประเมินกระบวนการทั้งหมดของแผนการสอน เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแผนการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2. จากแผนการสอนที่ครูจัดทำเพื่อใช้สอนเพียง 1- 2 ชั่วโมง อาจมีการขยายขอบข่ายของเนื้อหาออกเป็น *หน่วยการเรียนรู้* ที่สามารถใช้สอนได้หลายๆ ชั่วโมงขึ้นเป้าหมายของการสอน เป็นเป้าหมายของหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งอาจเรียกว่าจุดประสงค์ทั่วไปหรือจุดจุดประสงค์ปลายทาง มีการออกแบบเพื่อประเมินความรู้ของผู้เรียนก่อนเรียน มีการวิเคราะห์เนื้อหา กำหนดเนื้อหาย่อยๆ มีกิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมย่อยๆ หลายกิจกรรม มีการวางแผนการเลือกใช้หรือจัดทำสื่อการสอน ในแต่ละกิจกรรมมีการนำเสนอเนื้อหา การฝึกและการประเมินผลระหว่างเรียน และประเมินผลหลังเรียนเมื่อเรียนจบหน่วย เราอาจเรียกการออกแบบการสอนในลักษณะนี้ว่า **ชุดการเรียนรู้**

3. หากเรากำหนดเนื้อหาและเป้าหมายของการสอนทั้ง **คอร์ส** (รายวิชา) หรือทั้งหลักสูตรแบ่งเนื้อหาทั้งหมดออกเป็นหน่วยย่อยๆ แล้วดำเนินการเช่นเดียวกับที่กล่าวในข้อ 2 ก็จะทำให้เรามี **ชุดการเรียนรู้** หลายๆ ชุด ที่เป็นรายวิชาเดียวกัน จัดระบบใหม่ให้มีการประเมินผู้เรียนให้ครอบคลุมตลอดรายวิชา สามารถนำผลการประเมินทั้งระหว่างเรียนในแต่ละชุดการเรียนรู้ และหลังจากที่เรียนครบทั้งรายวิชาแล้ว มาประเมินและตัดสินผลการเรียนของรายวิชาได้ เราก็เรียกว่า **Courseware**

จากการแบ่งระดับของการออกแบบระบบการเรียนการสอนออกเป็น 3 ระดับดังกล่าว เมื่อพิจารณาคูณลักษณะ กระบวนการและบุคลากรที่เกี่ยวข้องจะพบว่า ระดับแผนการสอนเป็นการออกแบบโดยผู้สอนเอง ครูเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการสอนเอง เนื้อหาที่สอนเป็นเนื้อหาสั้นๆ ครูมักเลือกใช้สื่อที่มีอยู่มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนมากกว่าผลิต ส่วนการออกแบบระบบการเรียนการสอนในระดับตั้งแต่ชุดการเรียนรู้ถึงระดับคอร์สแวร์ อาจเป็นการออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองในลักษณะที่ใช้เป็น**บทเรียนหลัก**(Comprehensive Replacement Media) **บทเรียนเพิ่มเติม** (Complementary Media) และ**บทเรียนเสริม** (Supplementary Media) เนื้อหาที่จัดทำมีความซับซ้อนขึ้น การออกแบบบทเรียนต้องคำนึงถึงลักษณะของเนื้อหา คุณลักษณะของผู้เรียน สภาพแวดล้อมของผู้เรียน วิธีการนำเสนอบทเรียน การเลือกใช้สื่อและยุทธวิธีในการสอน การวัดและประเมินผล ต้องมีการทดลองใช้และปรับปรุงก่อนที่จะนำไปใช้จริง จึงต้องใช้บุคลากรหลายฝ่ายมาร่วมทำงานเป็นทีม

บุคลากรที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบระบบการเรียนการสอนในระดับตั้งแต่ชุดการเรียนรู้ถึงระดับคอร์สแวร์นั้น ต้องอาศัยบุคคลหลายฝ่ายมาร่วมมือกัน ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา (Content Expert)
2. นักออกแบบการสอน (Instructional Designer)
3. นักออกแบบกราฟิก (Graphic Designer)
4. ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ (Media Specialist)
5. ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมประยุกต์ (Programmer)

ประเภทของเนื้อหา

ในการออกแบบระบบการเรียนการสอนเพื่อการนำไปจัดทำบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์นั้น การเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับการที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นเราจึงควรทำความเข้าใจกับลักษณะของเนื้อหาประเภทต่างๆ ก่อน

Gagne (1985) ได้แบ่งประเภทของการเรียนรู้ไว้ 4 ประเภท ได้แก่

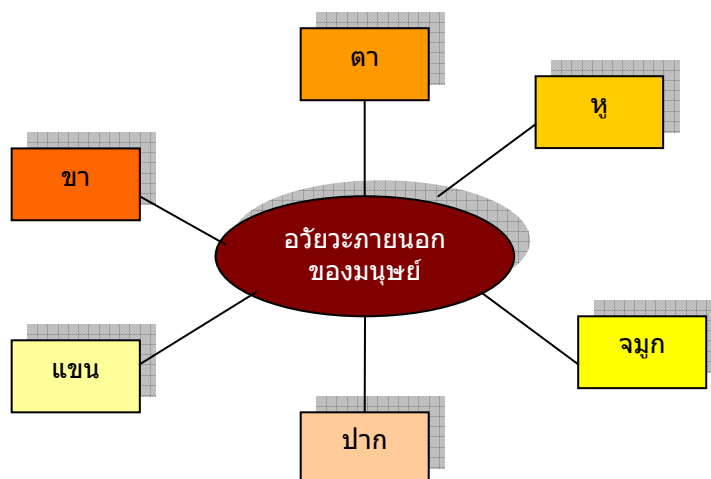
1. เนื้อหาที่เน้นการท่องจำ (Verbal Information)
2. เนื้อหาทางด้านทักษะทางปัญญา (Intellectual Skill)
3. เนื้อหาทางด้านทักษะทางร่างกาย (Psychomotor Skill)
4. เนื้อหาประเภทเจตคติ (Attitude)

เนื้อหาที่เหมาะสมจะนำมาออกแบบในรูปแบบของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ควรเป็นเนื้อหาประเภทที่เน้นการท่องจำ (Verbal Information) และเนื้อหาทางด้านทักษะทางปัญญา (Intellectual Skill) มากกว่าเนื้อหาทางด้านทักษะทางร่างกาย (Psychomotor Skill) และเนื้อหาประเภทเจตคติ (Attitude)

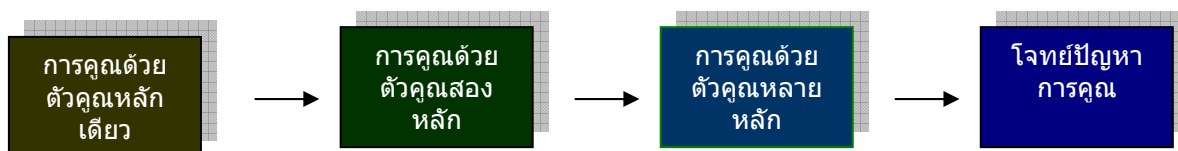
โครงสร้างของเนื้อหา

เนื้อหาบทเรียนที่เราจะนำมาออกแบบการสอน แต่ละเนื้อหาจะมีโครงสร้างแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะโครงสร้างของเนื้อหา จะมีส่วนสำคัญที่กำหนดให้เส้นทางการจัดการเรียนรู้ดำเนินไปในรูปแบบใด ในที่นี้ผู้จัดทำจะขอเสนอลักษณะโครงสร้างของเนื้อหาที่สำคัญๆ 3 ลักษณะ ดังนี้

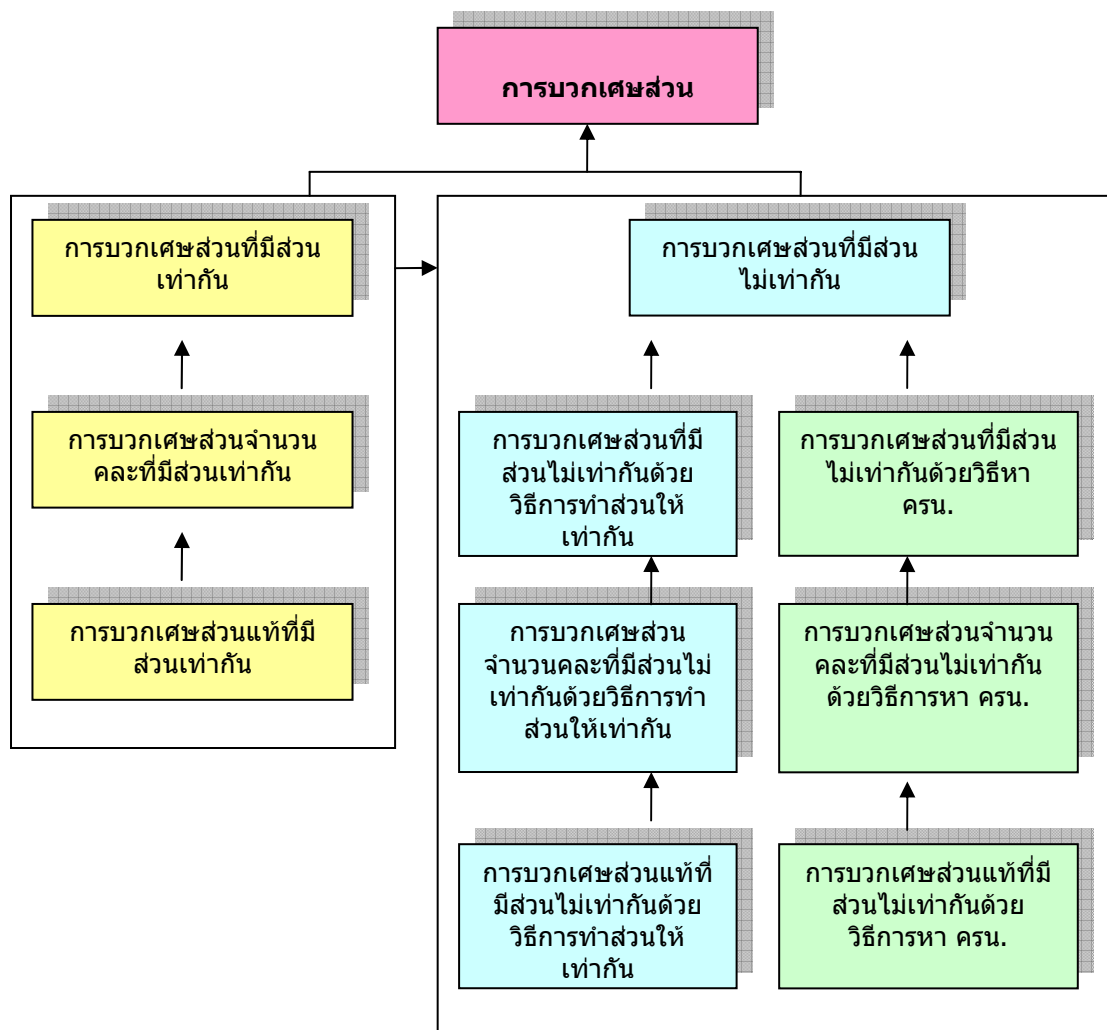
1. เนื้อหาที่มีลักษณะแบบระนาบ เนื้อหาย่อยๆแต่ละเนื้อหา มีความสำคัญเท่าๆ กัน และสามารถเรียนเนื้อหาใดก่อนก็ได้ โครงสร้างของเนื้อหาจึงอาจเขียนได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้



2. เนื้อหาที่มีลักษณะแบบลำดับขั้น เนื้อหาย่อยๆแต่ละเนื้อหา มีลำดับ ก่อน - หลัง การจัดการเรียนรู้จะต้องจัดจากเนื้อหาแรก ไปก่อนตามลำดับในลักษณะขั้นบันได โครงสร้างของเนื้อหาจึงอาจเขียนได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้



3. เนื้อหาที่มีลักษณะผสม มีเนื้อหาย่อยๆหลายเนื้อหา แต่ละเนื้อหาย่อยๆ มีทักษะย่อยๆที่ผู้เรียนต้องศึกษา ให้มีความรู้ความสามารถสมบูรณ์เสียก่อน จึงจะผ่านไปเรียนเนื้อหาย่อยอื่นๆ ได้ เมื่อเรียนครบทุกเนื้อหาย่อยๆ แล้ว จะมีความรู้ครบตามที่บทเรียนกำหนด โครงสร้างของเนื้อหาจึงอาจเขียนได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้



นอกจากลักษณะเนื้อหาที่กล่าวมาแล้ว อาจมีลักษณะเนื้อหาอื่นๆ ที่แตกต่างกันบ้าง แต่อาจเป็นในลักษณะการผสมผสานกันของทั้ง 3 ลักษณะที่กล่าวมานี้

ก. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis)

ในการออกแบบระบบการเรียนการสอน ผู้ออกแบบจะต้องทำการวิเคราะห์สิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตร (Curriculum Analysis) โดยปกติ หลักสูตรจะมีจุดประสงค์ปลายทางของหลักสูตรแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ โดยในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เรียกว่า **ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง** ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จากคู่มือการจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังไว้ 23 ข้อ ผู้จัดทำเลือกผลการเรียนรู้ที่คาดหวังข้อ 1 - 7 ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องพืชมาเป็นตัวอย่างของจุดประสงค์ปลายทาง ในคู่มือกำหนดให้ใช้เวลาเรียนเนื้อหาส่วนนี้จำนวน 25 ชั่วโมง ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและของสาระการเรียนรู้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

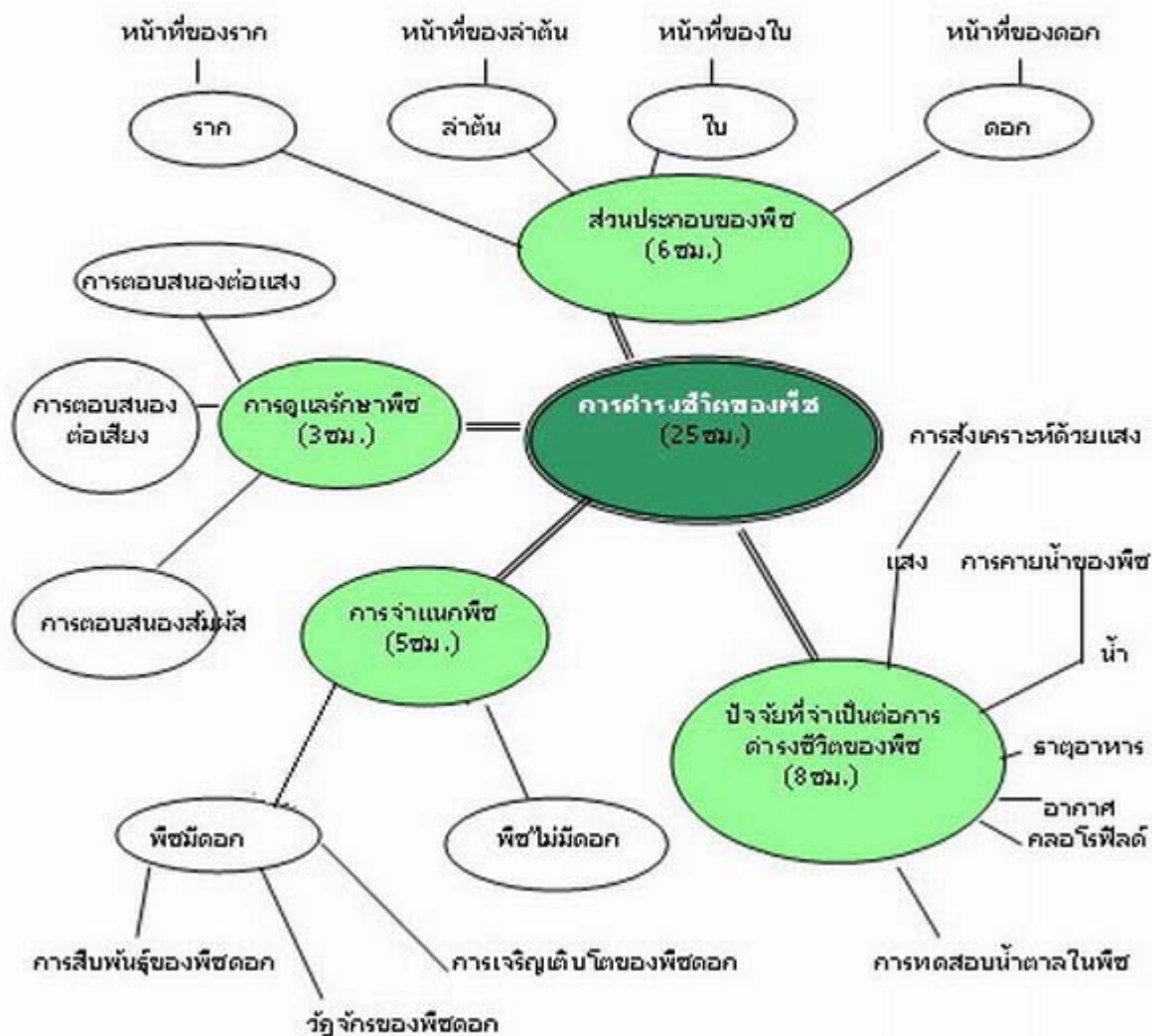
หน่วยการเรียนรู้เรื่องการดำรงชีวิตของพืช สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เวลา 25 ชั่วโมง

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้
1. ทดลองและอธิบายหน้าที่ของราก ใบ ลำต้น	1. การทดลองและสังเกตเกี่ยวกับหน้าที่ของราก ลำต้น ใบ
2. สังเกตและสำรวจ เขียนภาพแสดง ส่วนประกอบของดอกและอธิบายหน้าที่ของดอก	2. การสำรวจ การสังเกตส่วนประกอบของดอกและ การสืบค้นข้อมูลหน้าที่ของดอก
3. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่จำเป็น ได้แก่ แสง น้ำ ความชื้นในดินต่อการเจริญเติบโตของพืช	3. การทดลองปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช
4. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่จำเป็น ได้แก่ แสง คลอโรฟิลล์ ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	4. การทดลองปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
5. สังเกต สำรวจ และอธิบายการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่ต้นอ่อน จนมีดอกและมีผล	5. การสำรวจ การสังเกตเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของพืชดอก ตั้งแต่ต้นอ่อนจนมีดอก มีผลและ การดูแลรักษาพืช
6. สังเกตและเขียนแผนภาพแสดงวัฏจักรของพืชที่เลือกศึกษาตามความสนใจ	6. การศึกษาและเขียนแผนภาพวัฏจักรของพืชดอกที่สนใจ
7. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าได้แก่แสง เสียง สัมผัส	7. การทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าได้แก่ แสง เสียง สัมผัส

2. การวิเคราะห์ผู้เรียน (Learners Analysis) เป็นการศึกษากลุ่มเป้าหมายที่จะใช้บทเรียนว่ามีคุณลักษณะอย่างไร เช่นความสามารถทางการเรียนรู้ พื้นฐานความรู้ของผู้เรียน ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ ความชอบเกี่ยวกับรูปแบบการเรียน ความกระตือรือร้นในการเรียน

3. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เราจะได้สาระการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กัน ดังด้านขวาของตารางในข้อ 1 แสดงว่าหน่วยการเรียนรู้เรื่องพืช เรามีเนื้อหาย่อยๆ ให้นักเรียนศึกษา 7 เรื่อง ในขั้นต่อไปผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จะต้องทำการวิเคราะห์เนื้อหาย่อยๆ จัดทำเป็นผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) ของผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและของสาระการเรียนรู้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ผังมโนทัศน์หน่วยการเรียนรู้เรื่องการดำรงชีวิตของพืช



4. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับการเรียน เช่นการเรียนทางไกลที่ผู้เรียนต้องเรียนจากบทเรียนแทนการเรียนการสอนในชั้นเรียน ซึ่งจะต้องออกแบบให้สมบูรณ์ที่สุดหากเป็นบทเรียนเสริมการเรียนในชั้นเรียนก็อาจไม่ต้องสมบูรณ์เท่า

สภาพแวดล้อมของการเรียนอีกด้านหนึ่งก็คือ ความพร้อม สมบูรณ์ และเพียงพอของฮาร์ดแวร์ ระบบเครือข่าย รวมทั้งอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้ออกแบบระบบการเรียนการสอนจึงต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนเหล่านี้ด้วย

5. การวิเคราะห์ภาระงานหรือวิเคราะห์ภารกิจ (Task Analysis) การวิเคราะห์ภาระงานถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากสำหรับการออกแบบระบบการเรียนการสอน การกำหนดเนื้อหาและการแตกเนื้อหาที่ซับซ้อนออกเป็นเนื้อหาย่อยๆ ที่เหมาะสม เพื่อจัดลำดับและเส้นทางการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งการวิเคราะห์ทักษะที่ต้องการสอนอย่างครบถ้วน การวิเคราะห์ผู้เรียน การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของการเรียน จะช่วยให้ผู้ออกแบบกำหนดลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสม

ข. ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design)

หลังจากได้วิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ของการออกแบบระบบการเรียนการสอนแล้ว ในขั้นต่อไปก็คือนำข้อมูลที่วิเคราะห์ทั้งหมดมาเริ่มออกแบบ ซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดดังต่อไปนี้

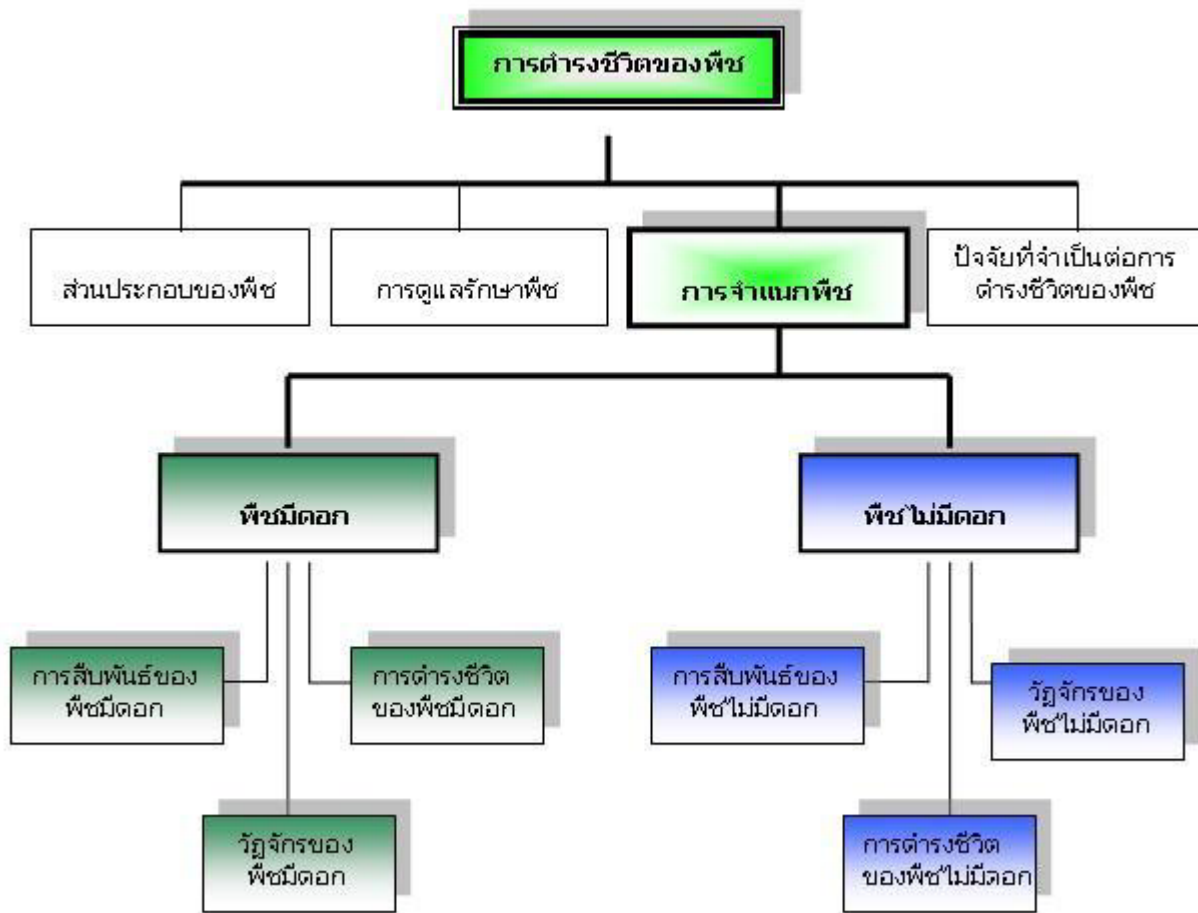
1. การกำหนดเป้าหมายของการเรียน (Goal) จากการวิเคราะห์หลักสูตรหน่วยการเรียนรู้เรื่องการดำรงชีวิตของพืช ก็คือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังทั้ง 7 ข้อได้แก่

1. ทดลองและอธิบายหน้าที่ของราก ใบ ลำต้น
2. สังเกตและสำรวจ เขียนภาพแสดงส่วนประกอบของดอกและอธิบายหน้าที่ของดอก
3. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่จำเป็น ได้แก่ แสง น้ำ ความชื้นในดิน ต่อการเจริญเติบโตของพืช
4. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยบางประการที่จำเป็น ได้แก่ แสง คลอโรฟิลล์ ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช
5. สังเกต สำรวจ และอธิบายการ เจริญเติบโตของพืชตั้งแต่ต้นอ่อน จนมีดอกและมีผล
6. สังเกตและเขียนแผนภาพแสดงวัฏจักรของพืชที่เลือกศึกษาตามความสนใจ
7. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการตอบสนองของพืชต่อสิ่งเร้าได้แก่แสง เสียง สัมผัส

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังทั้ง 7 ข้อข้างต้นเป็นเป้าหมายกว้างๆ หรืออาจเรียกอีกอย่างว่า **จุดประสงค์ปลายทาง** จุดประสงค์ปลายทางนี้จะเป็นตัวกำหนดว่า เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านบทเรียนนี้ไปแล้ว จะมีความรู้ความสามารถและคุณลักษณะอย่างไรบ้าง ดังนั้น การประเมินผลผู้เรียนในภาพรวม (การประเมินหลังเรียน) จะใช้จุดประสงค์เหล่านี้เป็นรายการ (Item Spec) ในการประเมิน

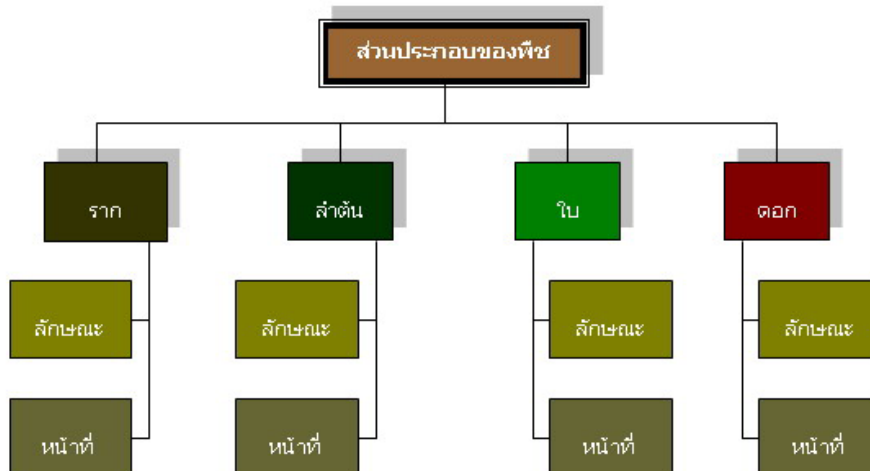
2. กำหนดเนื้อหา ขั้นตอนนี้เป็นการตัดสินใจเลือกเนื้อหาให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการสอนที่กำหนด ทำการวิเคราะห์เนื้อหา แยกย่อยเนื้อหาให้เป็นเนื้อหาย่อยๆ จัดลำดับเนื้อหาตามลักษณะโครงสร้างของเนื้อหา พร้อมทั้งวิเคราะห์ภาระงาน (Task Analysis) หรือกิจกรรมของผู้เรียนในขั้นตอนต่อไป

在这里 ผู้เขียนจะยกตัวอย่างการวิเคราะห์เนื้อหาโดยเลือกหน่วยการเรียนรู้เรื่อง **การดำรงชีวิตของพืช** จากการวิเคราะห์เนื้อหา พบว่ามีเนื้อหาย่อยๆ 4 เนื้อหา ลักษณะเนื้อหาเป็นอิสระกัน หมายถึงสามารถเรียนเนื้อหาใดๆ ก่อนก็ได้ ในเนื้อหาย่อยๆ แต่ละเนื้อหามีรายละเอียดและโครงสร้างเนื้อหาแตกต่างกัน ดังจะยกตัวอย่างเนื้อหาย่อยเรื่อง **การจำแนกพืช** ซึ่งพบว่ามีเนื้อหาย่อยอีก 2 เนื้อหาคือ พืชมีดอก และ พืชไม่มีดอก ในเนื้อหาเรื่องพืชมีดอก มีเนื้อหาย่อยอีก 3 เนื้อหาคือ การสืบพันธุ์ของพืชมีดอก การดำรงชีวิตของพืชมีดอกและวัฏจักรของพืชมีดอก ส่วนเนื้อหาเรื่องพืชไม่มีดอก ก็มีเนื้อหาย่อยอีก 3 เนื้อหาคือ การสืบพันธุ์ของพืชไม่มีดอก การดำรงชีวิตของพืชไม่มีดอกและวัฏจักรของพืชไม่มีดอก เช่นเดียวกัน จากผลการวิเคราะห์เนื้อหา สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้

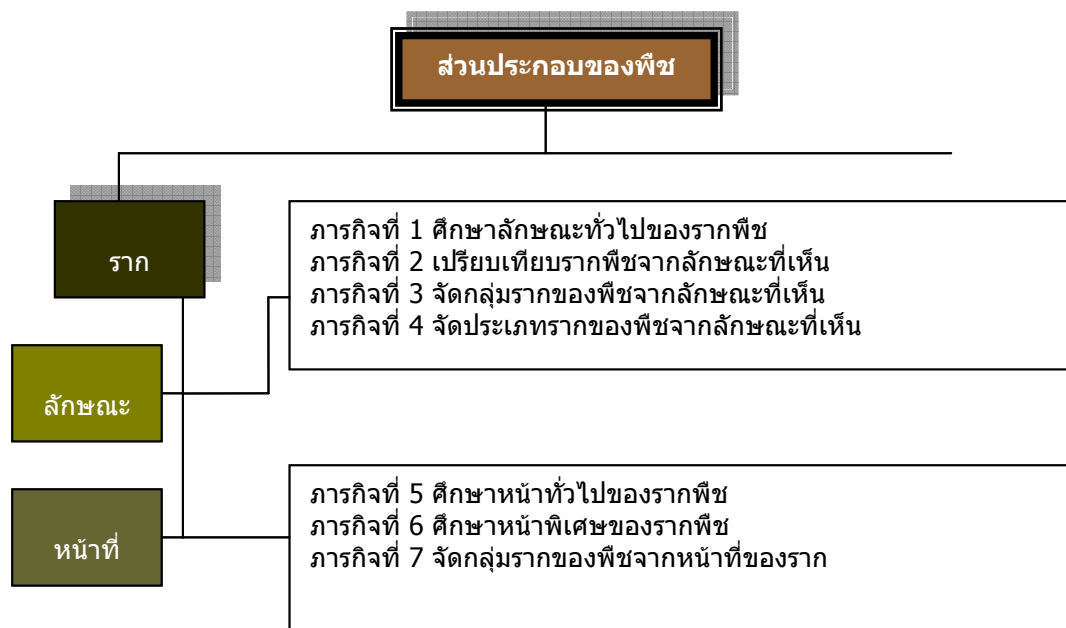


3. การกำหนดภารกิจ (Task Analysis) หากในขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหา นักออกแบบการสอน สามารถวิเคราะห์เนื้อหาและทักษะที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาแล้ว การทำงานในขั้นตอนการกำหนดภาระงานก็จะไม่ยุ่งยาก

การกำหนดภารกิจ เป็นการกำหนดลำดับขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยอาศัยลำดับขั้นตามโครงสร้างของเนื้อหาเป็นหลัก เช่น เนื้อหาที่มีโครงสร้างแบบลำดับขั้น ภารกิจของผู้เรียนก็จะมีลักษณะเป็นลำดับขั้นด้วย หากเนื้อหามีลำดับขั้นตอนหลายขั้นตอน ภารกิจของผู้เรียนก็จะมีลำดับขั้นตอนหลายขั้นตอนด้วย วิธีการวิเคราะห์เพื่อกำหนดภารกิจ อาจใช้วิธีการเขียน Conceptual Mapping ของหน่วยย่อยให้ชัดเจน ดังตัวอย่างต่อไปนี้



ผู้เขียนขอยกตัวอย่างการวิเคราะห์ภารกิจในเนื้อหาย่อยเรื่อง **ราก** ซึ่งเมื่อวิเคราะห์รายละเอียดของเนื้อหา จะพบว่า มีเนื้อหาย่อย 2 เนื้อหา คือ **ลักษณะ** และ **หน้าที่**



เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเกี่ยวกับ **ราก** ได้ครบถ้วน จึงกำหนดภารกิจของผู้เรียนไว้สำหรับเนื้อหาที่ 1 จำนวน 4 ภารกิจ เนื้อหาที่ 2 จำนวน 3 ภารกิจ รวม 7 ภารกิจ ลักษณะเนื้อหานี้ ผู้เรียนจะเลือกเรียนเนื้อหาที่ 1 หรือ 2 ก่อนก็ได้ และเมื่อวิเคราะห์ภารกิจแต่ละภารกิจก็พบว่า จะเลือกทำกิจกรรมตามภารกิจใดๆ ก่อนก็ได้ จากการวิเคราะห์นี้ จะเป็นแนวทางในการเขียนแผนภูมิแสดงขั้นตอนการเรียนรู้ต่อไป

4. การกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นการกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้น เมื่อผู้เรียนเรียนจบบทเรียนโดยอาจเป็นจุดประสงค์ทางด้านความรู้ ความคิด ทางด้านทักษะกระบวนการ หรือทางด้านเจตคติ ดังนั้นการจะกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ครอบคลุมภารกิจ และสอดคล้องกับโครงสร้างของเนื้อหานั้นเราจึงควรมีการวิเคราะห์ภารกิจของผู้เรียน (Task Analysis) ในกิจกรรมการเรียนรู้จากเริ่มต้นไปจนจบบทเรียน แล้วเขียนเป็นจุดประสงค์ โดยความสามารถที่เกิดขึ้นท้ายสุดเป็นผลรวมของความสามารถในขั้นต้น และความสามารถนั้นก็คือพฤติกรรมที่เราต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเราเรียกพฤติกรรมท้ายสุดที่ต้องการให้เกิดขึ้นว่า **"จุดประสงค์ปลายทาง"** นั่นก็คือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่เราได้จากการวิเคราะห์หลักสูตรนั่นเอง และพฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนรู้เราเรียกว่า **"จุดประสงค์นำทาง"** ในการเขียนจุดประสงค์นำทางเราจะเขียนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นจุดประสงค์ที่มีองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ เงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่กำหนด ส่วนที่ 2 คือ พฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้น และ 3 คือ เกณฑ์ของความสำเร็จ ตัวอย่างเช่น *เมื่อกำหนดตัวอย่างชื่อพืชที่มีทั้งพืชมีดอกและพืชไม่มีดอกให้สามารถจำแนกเป็น 2 กลุ่มคือพืชมีดอกและไม่มีดอกได้*

จากหน่วยการเรียนรู้ย่อยเรื่อง **"ราก"** สามารถเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมได้ดังนี้

1. อธิบายเกี่ยวกับลักษณะสำคัญๆ และส่วนประกอบต่าง ๆ ของรากได้
2. เมื่อกำหนดรูปภาพรากพืชให้ สามารถเปรียบเทียบลักษณะสำคัญๆ ของรากพืชได้ถูกต้อง
3. เมื่อกำหนดรูปภาพรากพืชให้ สามารถจัดกลุ่มรากของพืชจากลักษณะที่เห็นได้ถูกต้อง

4. เมื่อกำหนดรูปภาพรากพืชให้ สามารถจัดประเภทรากของพืชจากลักษณะที่เห็นถูกต้อง
5. อธิบายหน้าที่ทั่วไปของรากพืชได้
6. อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับหน้าที่พิเศษของรากพืชได้
7. เมื่อกำหนดรูปภาพรากพืชให้ สามารถจัดกลุ่มรากของพืชจากหน้าที่ของรากและลักษณะที่เห็นได้ถูกต้อง

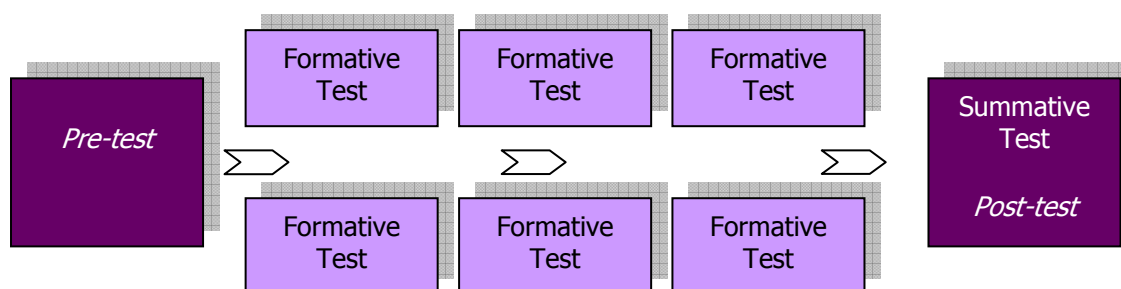
จากตัวอย่างของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ยกตัวอย่างมานี้ เป็นตัวอย่างของเนื้อหาย่อยเดียวจากเนื้อหาเรื่อง **ส่วนประกอบของพืช** และ ส่วนประกอบของพืช ก็เป็นเนื้อหาเดียวจาก 4 เนื้อหาของเรื่อง การดำรงชีวิตของพืช ดังนั้น เมื่อถึงขั้นตอนนี้ ผู้ออกแบบระบบการเรียนการสอนจึงต้องดำเนินการวิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ภารกิจ และกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ครบทุกเนื้อหา

5. การออกแบบการประเมินผล เมื่อจัดทำรายละเอียดของเนื้อหา วิเคราะห์ภารกิจ และเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมครบถ้วนหมดแล้ว ขั้นต่อไปก็ดำเนินการจัดทำแบบทดสอบเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งควรจัดทำแบบทดสอบ 2 ระดับ คือ

5.1 แบบทดสอบประจำหน่วย (Summative Test) แบบทดสอบที่เหมาะสมกับการจัดทำบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ควรเป็นแบบทดสอบประเภทปรนัย (Objective Test) แบบทดสอบชนิดนี้ จะใช้เป็นแบบทดสอบเพื่อประเมินผลการเรียนรู้ประจำหน่วย ในลักษณะการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pre-test & Post-test) เช่นแบบทดสอบประจำหน่วยการเรียนรู้เรื่อง "ส่วนประกอบของพืช"

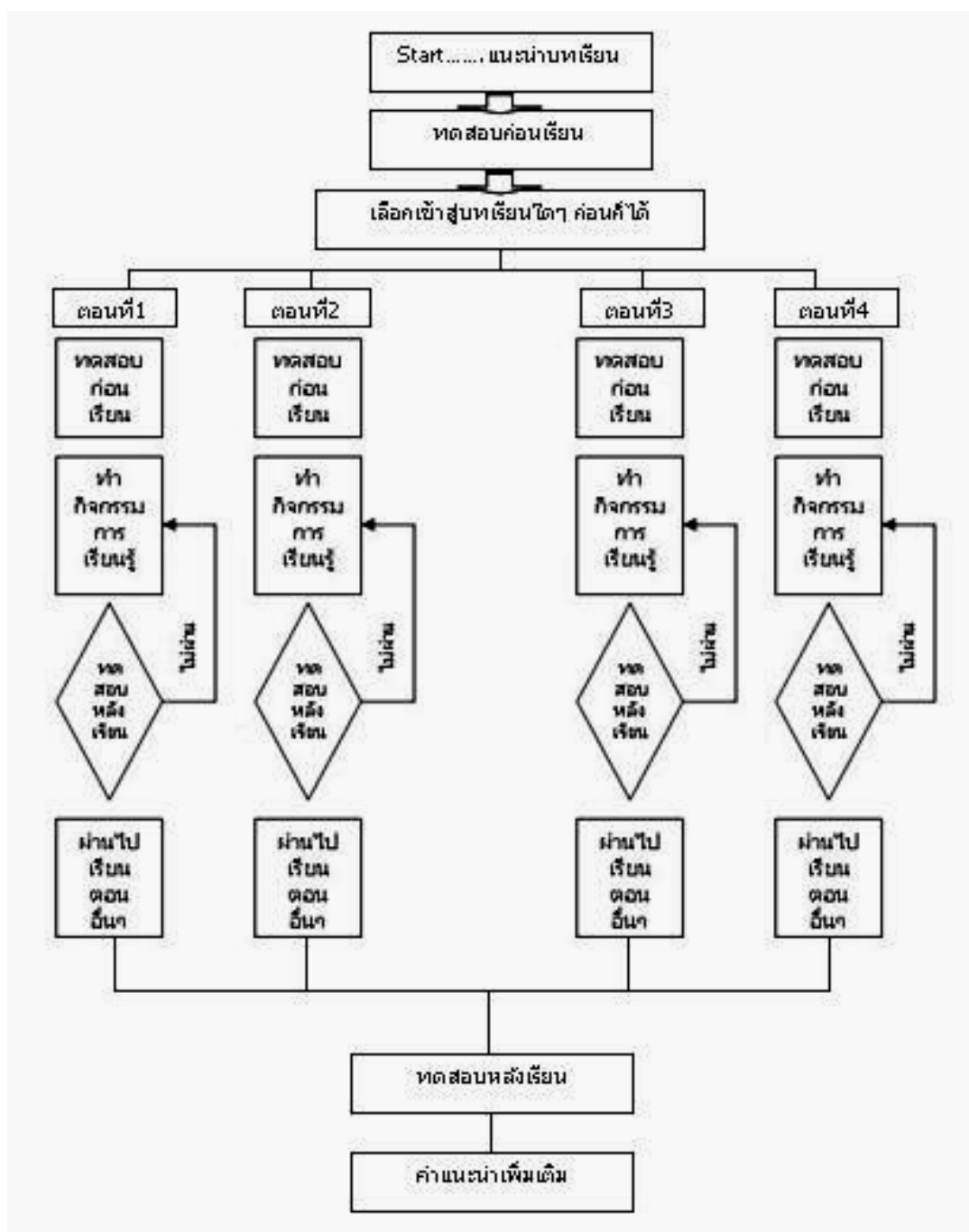
5.2. แบบทดสอบประจำตอน (Formative Test) จากการศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาของบทเรียนออกเป็นเนื้อหาย่อยๆ วิเคราะห์ภารกิจการเรียนรู้ของนักเรียนออกเป็น ตอนๆ และเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้วนั้น เราควรจัดทำแบบทดสอบประจำตอนนั้น ๆ เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เกี่ยวกับผลการเรียนรู้ของเขา เพราะจากการวิจัยพบว่า ผู้เรียนจะมีผลการเรียนดีขึ้นหากได้ทราบผลการเรียน (Feed back) ของตนเองอย่างสม่ำเสมอ

การจัดทำแบบทดสอบทั้งในระดับประจำหน่วยการเรียนรู้ และประจำตอนนั้น ควรได้รับการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีการที่เป็นที่ยอมรับ เช่น การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ การหาค่าความยากง่าย ค่าความเชื่อมั่น (ความเที่ยง) และค่าอำนาจจำแนก เป็นต้น



แผนภาพแสดงรูปแบบการประเมินผล

6. การสร้างแผนภูมิการเรียนรู้ (Learning Flow Chart) จากการทำเนิการดังที่กล่าวมาแล้วเราจะได้จุดประสงค์ปลายทาง (ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง) ซึ่งเป็นจุดประสงค์ของหน่วย แบบทดสอบประจำหน่วย เนื้อหาย่อยเป็นตอน ๆ การกิจของผู้เรียน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และแบบทดสอบประจำตอน เราก็จะสามารถเขียนแผนภูมิการเรียนรู้ของหน่วยการดำรงชีวิตของพืชได้ดังนี้

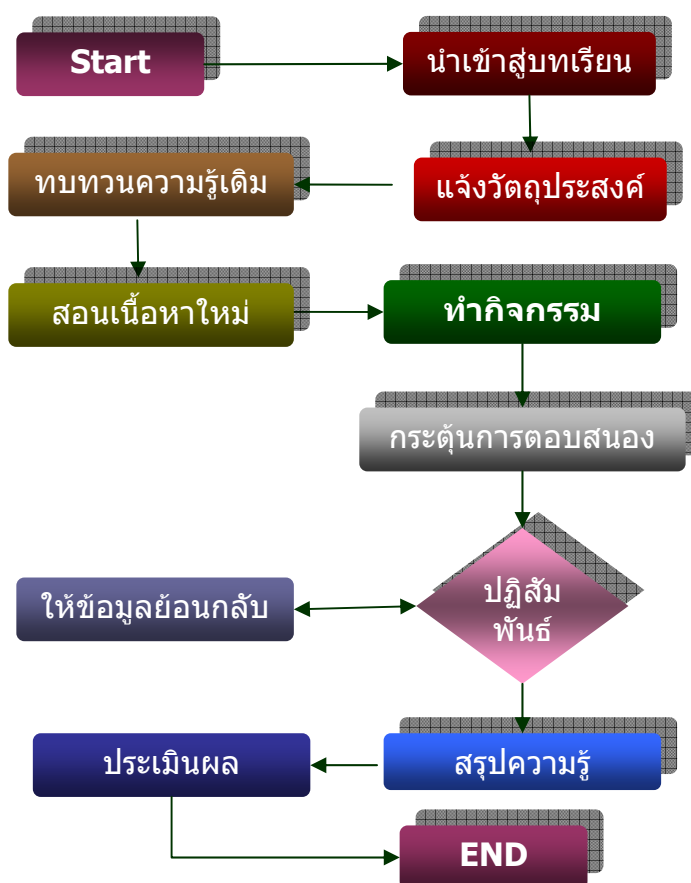


ค. ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียน (Development)

1. การเขียนสคริป (Scripting) เป็นการจัดทำรายละเอียดการนำเสนอตามแบบที่กำหนดไว้ ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบการสอนจะต้องเขียนรายละเอียดของเนื้อหาเป็นกรอบ (Frame) ตามแบบของการเขียน เพื่อกำหนดว่าจะใช้ข้อความ ภาพ เรื่อง สี ขนาด แบบ ตัวอักษร ฯลฯ และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ (Interaction) อย่างไรบ้าง ซึ่งอาจใช้แบบการเขียนง่ายๆ ดังนี้

กรอบที่	ข้อความ	ภาพ / สีพื้น	เสียง	การตอบสนอง
1	ตอนที่ 1 รากและ หน้าที่ของ ราก	- ตัวอักษรสีขาวบน ฉากหลังสีน้ำเงินเข้ม - ปรากฏขึ้นพร้อม ๆ กัน	1.เสียงบรรยาย ตามข้อความ 2.เพลงบรรเลง	1. ปรากฏบนจอประมาณ 10 วินาที แล้วเปลี่ยนไปสู่กรอบที่สองทดสอบ ก่อนเรียน 2. กลับไปสู่กรอบ 3. การทดสอบก่อนเรียน 4. ปุ่มออกจากบทเรียน

2. การออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) หมายถึง เรื่องราวของบทเรียน ประกอบด้วยเนื้อหาที่แบ่งออกเป็นเฟรมๆ ตั้งแต่เฟรมแรกซึ่งเป็น Title ของบทเรียนจนถึงเฟรมสุดท้าย บทดำเนินเรื่องจึงประกอบด้วย ภาพข้อความ คำถาม-คำตอบ และรายละเอียดอื่นๆ จากแผนภูมิการเรียนรู้ (Learning Flow Chart) ในข้อ 6 จะเห็นว่ามีเนื้อหาย่อยๆ อยู่ 4 ตอน แต่ละตอนสามารถเขียนบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ได้ดังต่อไปนี้



แผนภูมิแสดงเส้นทางการจัดการเรียนรู้

ความสำคัญของการออกแบบแผนภูมิการเรียนรู้และบทดำเนินเรื่อง

1. เป็นการออกแบบจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเนื้อหาบทเรียน
2. แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อระหว่างเนื้อหาแต่ละเฟรมและแสดง

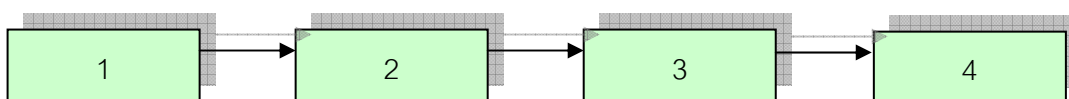
ความสัมพันธ์ ของการเชื่อมโยงบทเรียน

3. แสดงปฏิสัมพันธ์ของเฟรมต่างๆ ของบทเรียน
4. แสดงรูปแบบการดำเนินบทเรียนว่าเป็นแบบเชิงเส้น (Linear Type) หรือแบบสาขา (Branching Type)
5. แสดงการดำเนินบทเรียนและวิธีการนำเสนอเนื้อหาและกิจกรรม

รูปแบบการออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard)

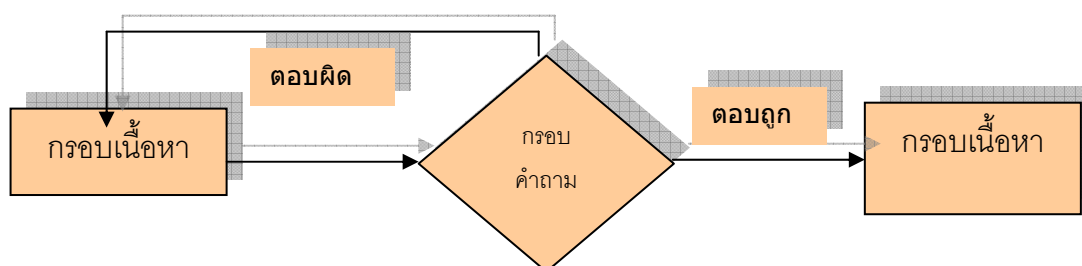
บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นบทเรียนที่พัฒนามาจากบทเรียนสำเร็จรูป หรือบทเรียนโปรแกรม ดังนั้นรูปแบบของบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) จึงมี 2 รูปแบบใหญ่ๆ คือ

1. แบบเส้นตรง (Linear Program) บทเรียนรูปแบบนี้ประกอบด้วยกรอบบทเรียน (Frame) ที่มีลำดับการตอบสนองอย่างต่อเนื่องประกอบด้วย กรอบเนื้อหาหรือคำถาม เรียงจากกรอบที่ 1 ไปกรอบที่ 2 ไปกรอบที่ 3 เรื่อย ๆ ไป..... บทเรียนรูปแบบนี้ไม่เอื้อต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล เพราะผู้เรียนเก่ง - อ่อน ต้องเรียนรู้ไปตามลำดับขั้นตอนเหมือนกันหมด อาจจะง่ายหรือยากไปสำหรับผู้เรียนบางคน ดังรูป



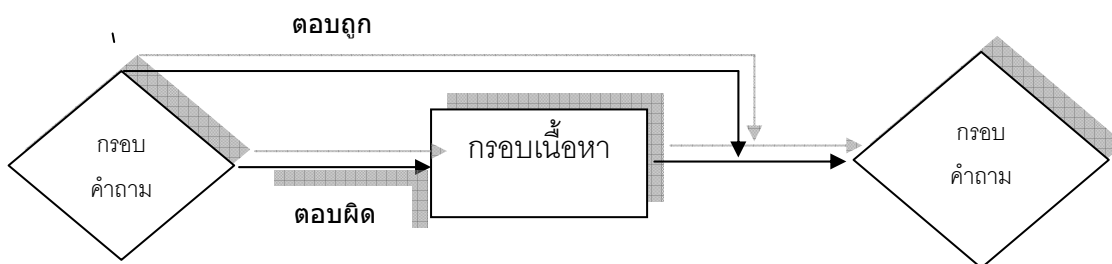
2. แบบแตกกิ่ง (Branching Program) บทเรียนรูปแบบนี้ มีกรอบการเรียนรู้ที่เป็นทางเลือกให้ผู้เรียน ทำให้สนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ดี การจะออกแบบบทเรียนให้มีโครงสร้าง แตกกิ่ง อย่งไรนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อหาผู้ออกแบบบทเรียนวิเคราะห์ และกำหนดซึ่งมีรูปแบบดังนี้

2.1 แบบซ้ำกรอบเดิม (Linear format with repetition) มีลักษณะที่คล้ายกับบทเรียนแบบเส้นตรง แต่มีคำถามแทรกระหว่างกรอบเนื้อหา ถ้าผู้เรียนตอบถูกต้อง จะได้ผ่านไปกรอบถัดไป ถ้าตอบไม่ถูกต้อง จะย้อนกลับมายังกรอบเนื้อหาเดิมอีกครั้ง และตอบคำถามเดิมอีกครั้ง โครงสร้างแบบนี้เหมาะกับบทเรียนประเภทติวเดออร์ แบบฝึกหัด เกมเพื่อการศึกษา และสถานการณ์จำลอง รูปแบบของบทเรียนดังรูปต่อไปนี้

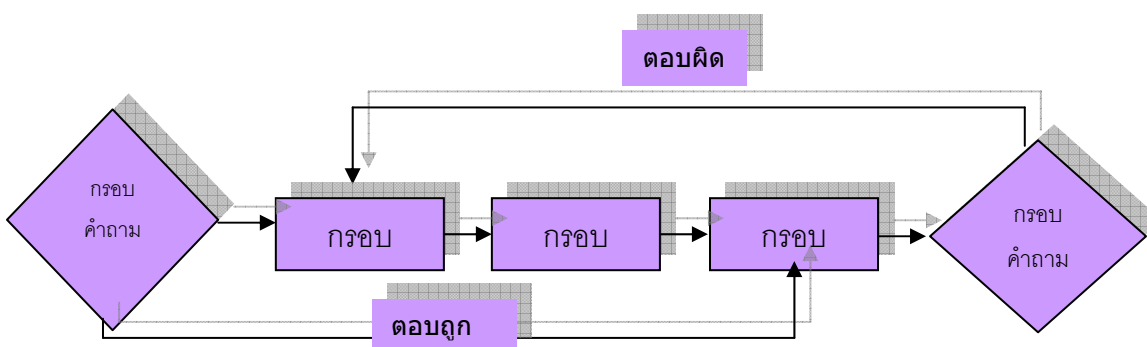


2.2 แบบทดสอบข้ามกรอบ (Pretest and skip format) เป็นบทเรียนที่ทดสอบความรู้ของผู้เรียนก่อนเรียนเนื้อหา ถ้าทดสอบผ่าน ก็จะข้ามกรอบที่ผู้เรียนรู้เนื้อหานั้น ๆ

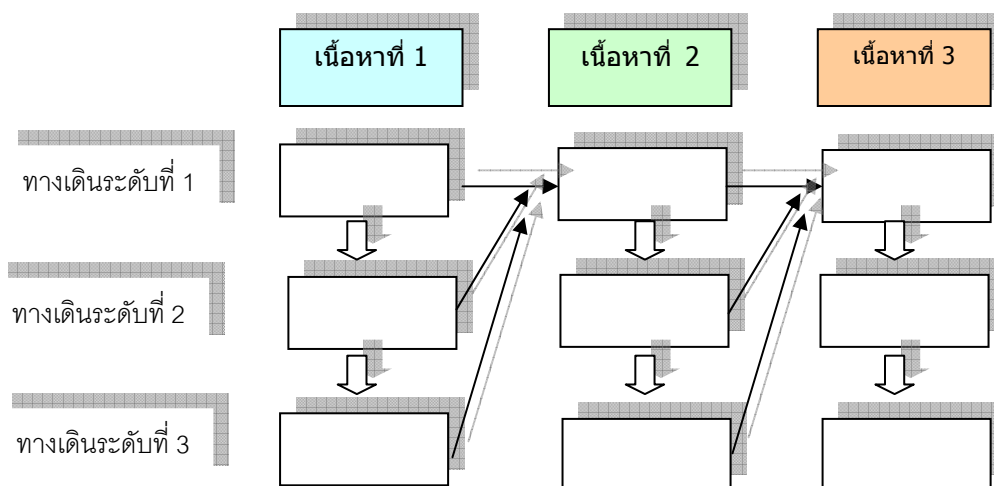
แล้วไปยังกรอบเนื้อหาอื่นๆ โครงสร้างแบบนี้เหมาะสมกับบทเรียนประเภท ดิวเตอร์ แบบฝึกหัด เกมเพื่อการสอน และสถานการณ์จำลอง รูปแบบของบทเรียน ดังรูปต่อไปนี้



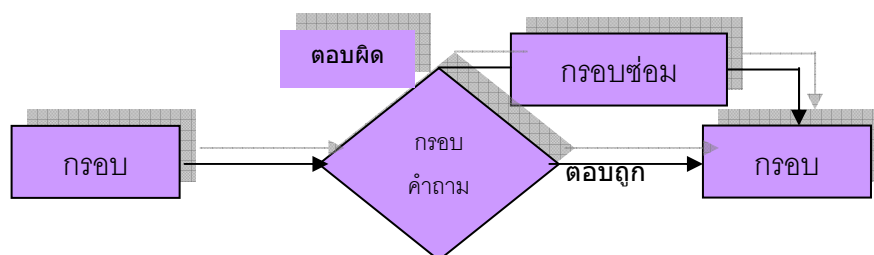
2.3 แบบข้ามและย้อนกลับ (Gates Frames) มีลักษณะโครงสร้างแบบ เส้นตรง มีกรอบคำถามอยู่ระหว่างกรอบเนื้อหาหลายกรอบ และถ้าตอบผิด อาจย้อนกลับไป กรอบเนื้อหาใดๆ ตามที่ผู้ออกแบบบทเรียนกำหนดไว้ โครงสร้างแบบนี้เหมาะกับ บทเรียนประเภท ดิวเตอร์ แบบฝึกหัด เกมเพื่อการสอน และสถานการณ์จำลอง รูปแบบของบทเรียน ดังรูปต่อไปนี้



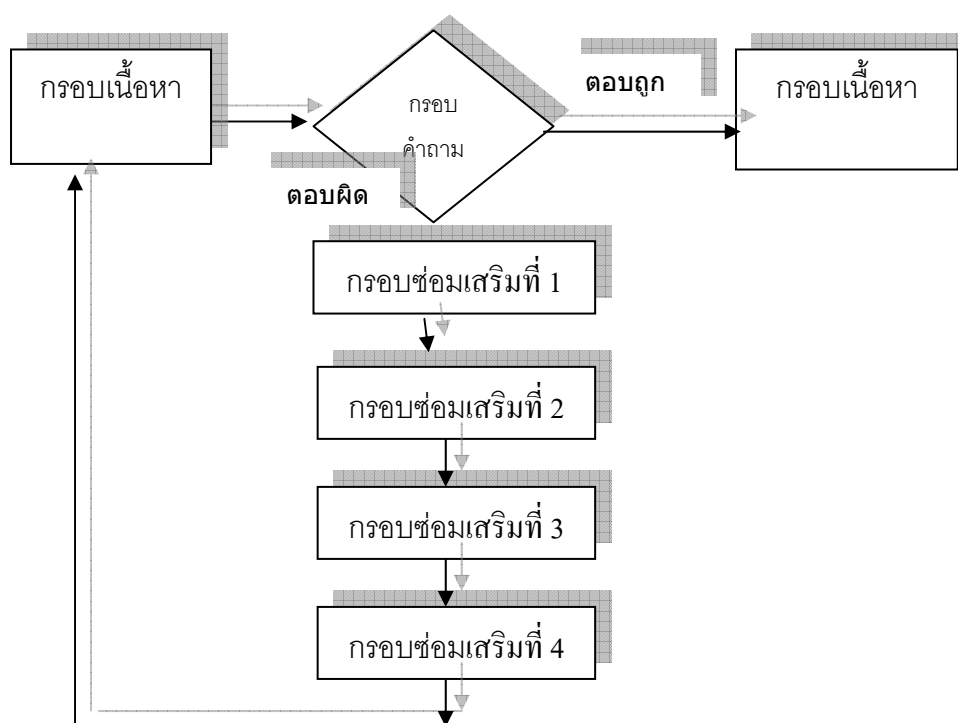
2.4 แบบเส้นทางเดินหลายทาง (Secondary tracks) เป็นบทเรียนที่มีทางเดินหลายระดับ โดยเส้นทางที่ 1 เป็นกรอบเนื้อหาหลัก ไม่มีรายละเอียดมากนัก ถ้าผู้เรียนเลือกรายละเอียดเฉพาะเส้นทางที่ 1 ผู้เรียนจะได้รายละเอียดของเนื้อหาในระดับหนึ่ง แต่ถ้าต้องการรายละเอียดมากขึ้น ก่อนจะไปสู่กรอบเนื้อหาต่อไป จะต้องไปศึกษา ในทางเดินระดับที่ 2 และ 3 โครงสร้างประเภทนี้เหมาะกับบทเรียนประเภท ดิวเตอร์ ซึ่งเนื้อหาของบทเรียน มีลักษณะของไฮเปอร์เท็กซ์ และไฮเปอร์มีเดีย (Hypertext and Hypermedia) รูปแบบของบทเรียน ดังรูป



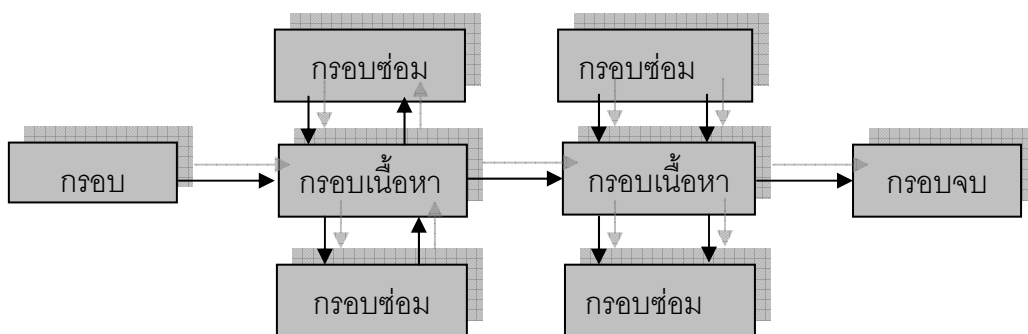
2.5 แบบกรอบเสริมเชิงเดี่ยว (Single remedial branch) เป็นบทเรียนที่เริ่มด้วยกรอบเนื้อหา ตามด้วยกรอบคำถาม ถ้าผู้เรียนตอบถูกจะไปเรียนกรอบต่อไป แต่ถ้าตอบผิด ผู้เรียนจะต้องไปเรียนกรอบซ่อมเสริมก่อนจะไปเรียนกรอบต่อไป ลักษณะบทเรียนประเภทนี้เหมาะกับบทเรียนประเภท ดิวเตอร์ และแบบฝึกหัด ซึ่งมีโครงสร้างบทเรียนดังรูป



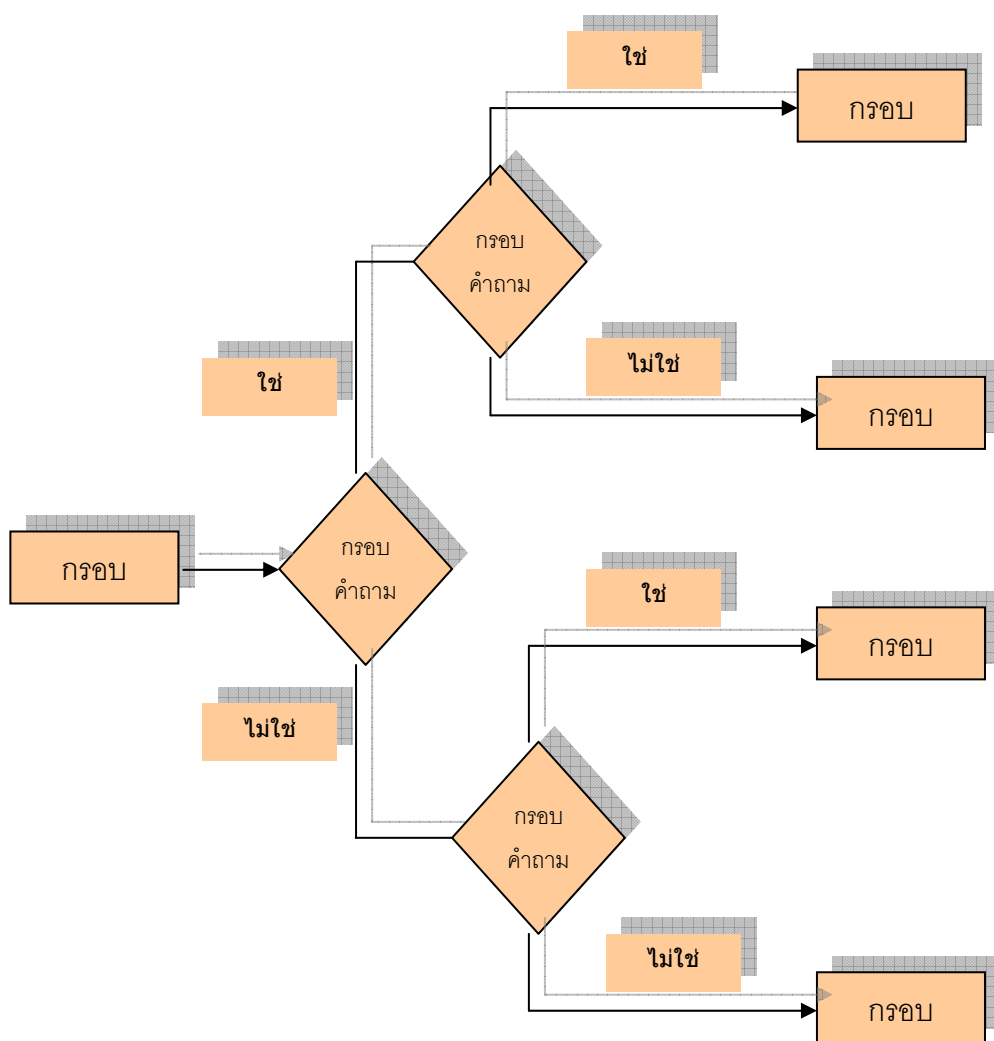
2.6 แบบมีห่วงกรอบช่วยเสริม (Remedial loops) มีลักษณะคล้ายกับแบบกรอบเสริมเชิงเดี่ยว ต่างกันที่ กรอบช่วยเสริมมีหลายกรอบ ประกอบกันเป็นชุด หลาย ๆ กรอบ ซึ่งเป็นกรอบที่ปูพื้นฐานความรู้ ข้อมูลให้ผู้เรียน เมื่อผู้เรียนได้รับการซ่อมเสริมแล้ว จะส่งกลับมายังกรอบเนื้อหาเดิม เพื่อให้ผู้เรียนใช้ความรู้จากการซ่อมเสริม มาศึกษากรอบเนื้อหาเดิมนั้น และตอบคำถามใหม่อีกครั้ง ก่อนจะไปเรียนกรอบเนื้อหาต่อไป โครงสร้างแบบนี้เหมาะสมกับบทเรียนประเภทดิวเตอร์ และแบบฝึกหัดซึ่งมีโครงสร้างบทเรียน ดังรูป



2.7 แบบแตกกิ่งคู่ (Branching frame sequence) บทเรียนลักษณะนี้ประกอบด้วยกรอบเนื้อหา กรอบคำถาม และกรอบซ่อมเสริม เมื่อผู้เรียน เรียนรู้เนื้อหาจะไปสู่กรอบคำถาม ซึ่งมีคำตอบให้เลือกตอบหลายตัวเลือกถ้าผู้เรียนตอบถูก จะไปเรียนกรอบต่อไป ถ้าตอบผิดในตัวเลือกที่ 1 จะไปสู่กรอบซ่อมเสริมสำหรับตัวเลือกที่ 1 ถ้าตอบผิดในตัวเลือกที่ 2 จะไปสู่กรอบซ่อมเสริมสำหรับตัวเลือกที่ 2 หากมีหลายตัวเลือกจะมีกรอบซ่อมเสริมหลายกรอบ เมื่อผู้เรียน เรียนกรอบซ่อมเสริมแล้วต้องกลับไปเรียน ในกรอบเนื้อหาใหม่ และทำกรอบทดสอบอีกครั้ง จนกว่าจะตอบถูก จึงจะไปสู่กรอบเนื้อหาต่อไป โครงสร้างลักษณะนี้เหมาะกับบทเรียนประเภทดิวเตอร์ แบบฝึกหัด สถานการณ์จำลอง ซึ่งมีรูปแบบดังนี้



2.8 แบบแตกกิ่งประกอบ (Compound branches) มีลักษณะที่เหมาะสมกับบทเรียนประเภทใช้วินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียน หรือสถานการณ์แก้ปัญหา คำถามจะอยู่ในลักษณะใช่ ไม่ใช่ จากคำตอบ ใช่ หรือไม่ที่ผู้เรียนเลือกตอบ จะพาผู้เรียนไปยังกรอบคำถาม หรือ เนื้อหากรอบต่อไปตามพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนซึ่งมีรูปแบบดังนี้ของบทเรียนดังนี้



3. การประเมินบทเรียน (Content Correctness) หลังจากการจัดทำ Story board เสร็จแล้ว ควรให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาอย่างน้อย 3 – 5 คน ได้ประเมินเกี่ยวกับความเที่ยงตรงค่าโครงสร้างของเนื้อหา ก่อน ได้ข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงอีกครั้ง (รายละเอียดของเนื้อหาส่วนนี้จะนำเสนอต่อไป)

ง. ขั้นตอนการจัดทำบทเรียน (Implementation)

1. การเลือกโปรแกรมประยุกต์สำหรับผลิตบทเรียน เป็นขั้นตอนการตัดสินใจเลือก ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสม สำหรับผลิตบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์โดยพิจารณาความสามารถของโปรแกรมและการตอบสนองที่เหมาะสมกับบทเรียนที่เราออกแบบไว้ เช่น การนำเสนอภาพ เสียง ตัวอักษร การทดสอบ การคิดคำนวณคะแนน ฯลฯ

2. การจัดเตรียมทรัพยากร ได้แก่ รูปภาพ เสียง ภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง และหน้าจอ (Caption) ไว้ให้พร้อมที่จะทำงาน โดยแยกเก็บไว้เป็นแฟ้มๆ (File) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือแผ่น CD - rom ของเรา

3. การจัดทำบทเรียน เมื่อการออกแบบและการจัดเตรียมทรัพยากรพร้อมแล้ว ก็เป็นขั้นที่นักพัฒนาโปรแกรม จะลงมือผลิตบทเรียนตามลักษณะของโปรแกรมที่เลือกใช้ด้วยความประณีต และด้วยทักษะที่ดี ทำการ Edit ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ต่าง ๆ ให้เรียบร้อยสมบูรณ์ วางการเชื่อมโยงไว้ตาม learning Flow Chart และ Storyboard ให้ถูกต้องจนเป็นบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ตามที่ต้องการ

4. การจัดทำคู่มือการใช้ (User manual/package Instruction) ควรประกอบด้วยบทนำ อุปกรณ์ที่ใช้งาน โปรแกรมพื้นฐานที่ต้องการ สมรรถภาพพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ การเข้าบทเรียน จุดประสงค์บทเรียน ข้อมูลเพิ่มเติม ข้อควรระวังในการใช้ ข้อมูลเกี่ยวกับผู้พัฒนาบทเรียน วัน เดือน ปีที่เผยแพร่ เป็นต้น

รูปแบบการพัฒนาบทเรียน (Robert Gangné)

เพื่อให้การพัฒนาบทเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้เขียนขอนำเสนอรูปแบบการสอน 9 ประการของ กาเย่ (Robert Gangné) ซึ่งเป็นแนวคิดกว้างๆ แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งบทเรียนสำหรับการเรียนการสอนปกติในชั้นเรียน และบทเรียนในลักษณะของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ที่เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนี้

1. ได้รับความสนใจ (Gain Attention) การใช้ภาพ แสง สี เสียง หรือสื่อประกอบหลาย ๆ อย่าง โดยสื่อที่สร้างขึ้นมานั้น ต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่น่าสนใจ จะมีผลโดยตรงต่อความสนใจของผู้เรียน นอกจากได้รับความสนใจแล้วยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะศึกษาบทเรียนอีกด้วย

ในการสร้างความสนใจผู้เรียนนั้นมีหลักการที่ควรคำนึง ดังนี้

- เฟรมแรกๆ หรือ Title ไม่ควรมีข้อมูลหรือกิจกรรมมากเกินไป ควรให้ผู้เรียนผ่านไปสู่อเฟรมถัดไปโดยไม่ต้องป้อนข้อมูลมากนัก เพราะผู้เรียนอาจเบื่อเสียก่อน
- ใช้ภาพกราฟิกที่มีขนาดใหญ่ ชัดเจน ง่าย และไม่ซับซ้อน
- ใช้เทคนิคการนำเสนอที่ปรากฏได้รวดเร็วเพื่อไม่ให้ผู้เรียนเบื่อ
- ควรให้ภาพปรากฏบนจอระยะหนึ่งเมื่อผู้เรียนกดแป้นพิมพ์ใด ๆ จึงจะเปลี่ยน

ไปสู่เฟรมอื่น ๆ

- ใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือเทคนิคการนำเสนอเข้าช่วย เพื่อการแสดงภาพเคลื่อนไหวแต่ควรใช้ระยะเวลาสั้น ๆ และง่าย
- เลือกใช้ภาพกราฟิกที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ระดับความรู้และวัยของผู้เรียน
- เลือกใช้สีที่ตัดกับฉากหลังอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสีเข้ม
- เลือกใช้เสียงที่สอดคล้องกับภาพกราฟิกและเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน

2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objective) การบอกวัตถุประสงค์ของบทเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนทราบความสามารถสุดท้ายของตนเองเมื่อจบบทเรียนแล้ว นอกจากนั้นยังเป็นการแจ้งให้ทราบล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของสิ่งที่ผู้เรียนจะได้เรียน ผลการวิจัยส่วนมากจะพบว่า การที่ผู้เรียนทราบวัตถุประสงค์ของบทเรียนช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของบทเรียนจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ วัตถุประสงค์ปลายทาง และวัตถุประสงค์เฉพาะ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมักจะกำหนดวัตถุประสงค์เป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและในการกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียนมีข้อกำหนดดังนี้

- ใช้ประโยคสั้น ๆ อ่านแล้วเข้าใจง่าย
- ไม่ใช่คำที่ผู้เรียนยังไม่เป็นที่รู้จักโดยทั่วไป
- ไม่ควรมีหลายข้อ หากมีหลายข้อให้แบ่งเนื้อหาออกเป็นตอนย่อยๆ อีก
- ควรมีวัตถุประสงค์ที่ครอบคลุมด้านความรู้ ด้านทักษะ และการประยุกต์ใช้
- ถ้าบทเรียนนั้นยาวควรแบ่งออกเป็นหลาย ๆ ตอน โดยบอกวัตถุประสงค์ทั่วไปไว้ใน บทเรียนหลัก และบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้ในบทเรียนย่อยๆ
- อาจนำเสนอวัตถุประสงค์ให้ปรากฏบนจอที่ละเฟรมก็ได้ หรือเฟรมเดียวกัน แต่ปรากฏขึ้นทีละข้อ โดยอาจใช้การกดแป้น Enter เพื่อศึกษาวัตถุประสงค์ต่อไปทีละข้อก็ได้

3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน ก่อนเรียนเนื้อหาใหม่ เพราะจะเป็นการเตรียมความพร้อมในการรับเนื้อหาใหม่ ทบทวนความรู้ที่เรียนมาแล้ว เสริมความรู้พื้นฐานที่จำเป็นก่อนการเรียนเนื้อหาใหม่ สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เป็นการทบทวนความรู้เดิม หรือ อาจออกแบบให้ผู้เรียนที่ไม่เข้าใจพื้นฐานในบางเรื่อง ศึกษาบทเรียนย่อยเพิ่มเติมก่อนการเรียนบทเรียนหลักก็ได้ ในขั้นการทบทวนความรู้เดิมมีข้อควรคำนึงดังนี้

- ควรมีการทดสอบความรู้พื้นฐาน หรือนำเสนอเนื้อหาเดิมที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมความพร้อมก่อนนำเสนอเนื้อหาใหม่
- แบบทดสอบต้องวัดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นกับการศึกษาเนื้อหาใหม่เท่านั้น ไม่ใช่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ควรใช้เวลาในการทดสอบสั้น ๆ ตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนให้มากที่สุด ผู้เรียนนอกจากการทดสอบเพื่อไปศึกษาได้ตลอดเวลา
- ถ้าไม่มีการทดสอบความรู้พื้นฐานเดิม ควรออกแบบบทเรียนให้ผู้เรียนได้ทบทวนเนื้อหาหรือประสบการณ์เดิมที่เคยผ่านมาแล้ว

4. การนำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) หลักการสำคัญในการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ การใช้ภาพประกอบคำอธิบายสั้นๆ ให้ได้ใจความ การใช้ภาพจะให้ผลต่อการเรียนรู้ดีกว่าการใช้คำอธิบายเพียงอย่างเดียว เพราะภาพช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ และภาพเคลื่อนไหวเหมาะที่จะใช้ในเนื้อหาที่ซับซ้อน หรืออธิบายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แต่การเลือกภาพที่ไม่เหมาะสมหรือใช้เทคนิคการนำเสนอที่ไม่ดี ก็มีผลเสียต่อการเรียนรู้ได้เช่นกัน การนำเสนอเนื้อหาใหม่จึงควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- เลือกใช้ภาพประกอบการนำเสนอให้มากที่สุด
- ใช้ภาพเคลื่อนไหวสำหรับเนื้อหาที่ซับซ้อนหรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงลำดับขั้น หรือปรากฏการณ์ที่เกิดต่อเนื่อง
- สามารถใช้แผนภูมิ แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือภาพเปรียบเทียบแทนการอธิบาย
- ควรที่การเน้นเนื้อหาสำคัญด้วยการขีดเส้นใต้ การติกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี หรือการใช้คำพูดซ้ำๆ เพื่อให้เป็นที่ให้สังเกตของผู้เรียน
- จัดรูปแบบคำอธิบายให้หน้าอ่านไม่ยาวเกินไป หรือจัดกลุ่มคำให้จบเป็นตอนๆ
- ใช้คำอธิบายที่ง่าย ผู้เรียนในระดับชั้นเข้าใจหรือคุ้นเคย
- เลือกใช้กราฟิกที่นำเสนอได้รวดเร็วบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป
- ควรให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนด้วยวิธีการหลายอย่าง เช่น กดแป้นพิมพ์ กดกลุ่มลูกศร คลิกเมาส์ พิมพ์คำตอบ กดEnter เป็นต้น
- ควรมีความคงเส้นคงวา (Consistence) ในการเลือกใช้สี แบบตัวอักษร สีพื้น กับระดับเนื้อหาเดียวกัน หัวข้อเดียวกัน เพื่อป้องกันผู้เรียนสับสน

5. ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning) การจัดระบบการเรียนรู้ที่ดีและมีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาใหม่ได้ดี ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ดี จึงต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาเรียนรู้ความรู้ใหม่แล้วสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ดังนั้น ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ จึงต้องใช้ทฤษฎีการเรียนรู้ ที่จัดการเรียนรู้จากประสบการณ์เดิมไปสู่ความรู้ในเนื้อหาใหม่ จากสิ่งที่ยากไปหาสิ่งที่ง่ายกว่า และควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- บทเรียนควรแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาใหม่กับเนื้อหาเก่า ที่ผู้เรียนมีประสบการณ์มาแล้ว
- บทเรียนควรแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาย่อย ๆ กับเนื้อหาใหม่
- ควรมีการนำเสนอตัวอย่างที่แตกต่างกัน ทั้งที่ใช่และไม่ใช่ เพื่อสร้างความคิดรวบยอดที่ชัดเจน
- นำเสนอเนื้อหาที่ยาก หรือเป็นนามธรรมให้ง่ายและเป็นรูปธรรม

6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit Response) การมีส่วนร่วมในการคิดร่วมกิจกรรม ตอบคำถาม จะส่งผลต่อการเรียนรู้ได้ดีกว่าการเป็นผู้ฟัง หรือเป็นผู้อ่านอย่างเดียว บทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ได้หลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็น การเลือกกิจกรรม และปฏิสัมพันธ์อื่น ๆ

กับบทเรียน จึงช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี อย่างไรก็ตาม การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม มีข้อควรคำนึงดังต่อไปนี้

- ควรให้ผู้เรียนมีโอกาสตอบสนองตลอดบทเรียน
- การให้พิมพ์คำตอบควรให้พิมพ์สั้น ๆ
- ควรมีการถามคำถามเป็นช่วงสั้น ๆ สลับกับการเสนอเนื้อหา
- ไม่ควรถามคำถามหลายคำถาม และควรใช้คำตอบแบบตัวเลือกตอบ
- หากผู้เรียนตอบผิดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ควรเปลี่ยนกิจกรรมให้ทำอย่างอื่น
- ควรใช้คำถามเพื่อให้คิดจินตนาการบ้าง
- คำถาม คำตอบ และกิจกรรมที่ให้ทำเพิ่ม ควรอยู่ในเฟรมเดียวกัน หรือเป็นเฟรมย่อยในเฟรมหลัก

7. การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) บทเรียนคอมพิวเตอร์ จะช่วยกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากนั้น ถ้ามีการบอกเป้าหมายอย่างชัดเจน และบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ห่างจากเป้าหมายเพียงใด การนำเสนอข้อมูลย้อนกลับดังกล่าวจะช่วยสร้างความสนใจของผู้เรียนยิ่งขึ้น โดยอาจใช้ภาพ ข้อความหรือกราฟแสดงข้อมูล กราฟแท่ง กราฟวงกลม ทั้งนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับมีข้อควรคำนึงดังนี้

- ควรให้ข้อมูลย้อนกลับทันที เมื่อผู้เรียนโต้ตอบกับบทเรียน
- บอกผู้เรียนทันทีว่าตอบผิดหรือถูก โดยแสดงคำถาม คำตอบไว้บนเฟรมเดียวกัน
- ถ้าให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยภาพ ควรเลือกภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา
- ถ้าผู้เรียนตอบผิด ไม่ควรให้ข้อมูลย้อนกลับที่รุนแรง หรือตื่นตาเกินไป
- เมื่อผู้เรียนตอบผิด 2 – 3 ครั้ง ควรเฉลยคำตอบ
- อาจใช้วิธีบอกคะแนน หรือแสดงภาพหรือกราฟิกอื่น ๆ บอกความก้าวหน้า

ของผู้เรียน

- ควรมีการให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างสม่ำเสมอตลอดบทเรียน

8. ทดสอบความรู้ใหม่ (Assess Performance) การทดสอบนี้ก็คือการทดสอบหลังบทเรียน (Post- test) เป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เพื่อจะไปเรียนในบทเรียนต่อไป หรือไปศึกษาบททบทวนบทเรียนเดิมอีก นอกจากการทดสอบจะช่วยประเมินผลการเรียนแล้ว การทดสอบหลังบทเรียนยังมีผลต่อความคงทนของการจำอีกด้วย แบบทดสอบนั้น ควรถามเรียงลำดับจุดประสงค์ของบทเรียน ถ้าบทเรียนมีหลายข้อย่อย ๆ แบบทดสอบก็อาจแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ด้วย และเมื่อจบทั้งหมดก็มีแบบทดสอบรวมอีกครั้ง ทั้งนี้ในการออกแบบทดสอบควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- ชี้แจงวิธีการตอบคำถามรายละเอียดเกี่ยวกับคะแนน เกณฑ์การตัดสินระยะเวลาในการสอบให้ผู้เรียนทราบก่อน
- แบบทดสอบต้องวัดพฤติกรรมตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนและควรเรียงลำดับจากง่ายไปยาก
- ข้อคำถามคำตอบ และการตรวจปรับคำตอบ ควรอยู่บนเฟรมเดียวกัน และนำเสนออย่างต่อเนื่องด้วยความรวดเร็ว
- หลีกเลี่ยงแบบทดสอบแบบอัตนัยที่ให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาว ยกเว้น

ข้อสอบที่ต้องการทดสอบทักษะการพิมพ์

- ในแต่ละข้อ ควรมีคำถามเดียว เพื่อให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียว ยกเว้นในคำถามนั้นมีคำถามย่อยอยู่ด้วยซึ่งควรแยกออกเป็นหลายๆคำถาม
- แบบทดสอบควรเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพ มีค่าอำนาจจำแนกดี ความยากง่ายเหมาะสมและมีความเชื่อมั่นเหมาะสม

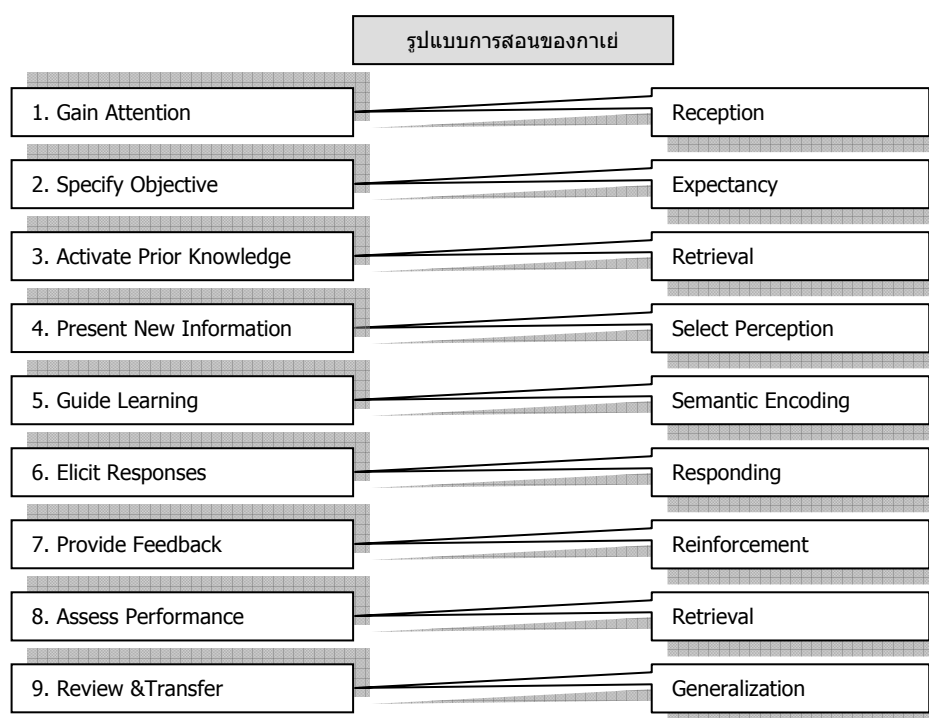
- อย่าตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าการตอบไม่ชัดเจน เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวอักษรแต่ผู้เรียนพิมพ์ตัวเลข ควรบอกให้ผู้เรียนตอบใหม่ ไม่ควรชี้ว่าคำตอบนั้นผิด และไม่ควรถัดสินคำตอบว่าผิด หากผิดพลาดหรือเว้นวรรคผิดหรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เป็นต้น

- แบบทดสอบชุดหนึ่งควรมีหลายๆ ประเภท ไม่ควรใช้เฉพาะข้อความเพียงอย่างเดียว ควรเลือกใช้ภาพประกอบบ้าง เพื่อเปลี่ยนบรรยากาศในการสอบ

9. สรุปและการนำไปใช้ (Review And Transfer) การสรุป ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด ของประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ รวมทั้งการให้ข้อมูลอ้างอิง เพื่อการศึกษาเพิ่มเติม และการศึกษาบทเรียนต่อไป หรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ ในขั้นนี้ มีข้อที่ควรคำนึงดังนี้

- สรุปประเด็นสำคัญ ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของความรู้เดิม ของผู้เรียน กับความรู้ใหม่
- ทบทวนแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่เรียน
- เสนอความรู้ใหม่ที่นำไปประยุกต์ใช้ได้
- บอกแหล่งข้อมูลที่สามารถหาความรู้เพิ่มเติมได้

จากขั้นตอนการออกแบบการสอน เพื่อการจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามแนวคิดของของกาเย่ ตามที่กล่าวมาแล้ว สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



จ. ชั้นประเมินบทเรียน (Evaluate)

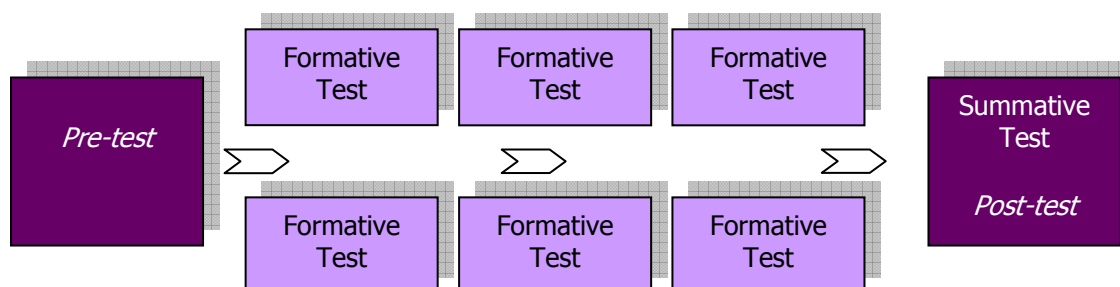
1. การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.1 การประเมินด้วยบทเรียน ดังที่กล่าวมาแล้วในขั้นตอนการออกแบบบทเรียน เมื่อจัดทำ Script และ Storyboard เสร็จแล้ว ก่อนลงมือผลิตบทเรียนด้วยโปรแกรมประยุกต์ ผู้เขียนได้เสนอแนะให้มอบให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา อย่างน้อย 3 – 5 คน ประเมินเกี่ยวกับความเที่ยงตรงด้านโครงสร้างของเนื้อหา ก่อนเมื่อได้ข้อเสนอแนะแล้วนำมาปรับปรุงอีกครั้ง

เมื่อจัดทำบทเรียนด้วยโปรแกรมประยุกต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้จัดทำมอบบทเรียนที่สมบูรณ์ พร้อมที่จะนำไปใช้ ให้ผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 – 5 คน ซึ่งอาจประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านภาษา ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน ฯลฯ ตรวจสอบในด้านต่างๆ เช่น

- การใช้ภาษาถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
- ความถูกต้องตามโครงสร้างของเนื้อหา และธรรมชาติวิชา
- ความถูกต้องเหมาะสมของข้อทดสอบ
- ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน
- ความเหมาะสมของเทคนิคการนำเสนอบทเรียน
- ฯลฯ

1.2 แบบทดสอบ ในบทเรียนจะมีแบบทดสอบ 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นแบบทดสอบหลัก (Summative Test) และแบบทดสอบย่อย (Formative Test) ดังแผนภูมิต่อไปนี้



แผนภาพแสดงรูปแบบการประเมินผล

แบบทดสอบย่อย หรือแบบฝึกหัดภายในหน่วยการเรียนรู้ หรือกิจกรรมการฝึก ในขณะที่เรียนเมื่อจัดทำเสร็จแล้วควรให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลได้ตรวจสอบเกี่ยวกับคุณลักษณะที่ดีของข้อทดสอบ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา การใช้ถ้อยคำภาษา เช่นเดียวกันแบบทดสอบหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบทดสอบหลัก ที่เป็นแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ของบทเรียน จะต้องเป็นแบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพ เช่นมีคำอ่านอาจจำแนกที่เหมาะสม มีความยากง่ายเหมาะสม และมีความเชื่อมั่นเพียงพอ

2. การประเมินโดยผู้เรียน เมื่อผู้ออกแบบ จัดทำบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องประเมินประสิทธิภาพโดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 one to one เป็นการประเมินโดยผู้เรียน 1 คน ศึกษาบทเรียนแล้วเก็บข้อมูลทางด้านความสะดวก ความง่ายในการใช้บทเรียน การทำกิจกรรมแบบฝึกและแบบทดสอบ ความเหมาะสมทางด้านเทคนิคการนำเสนอ และจิตวิทยาการรับรู้ ผู้ออกแบบใช้วิธีการสังเกต สอบถามข้อมูลจากผู้เรียน ฯลฯ เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอแล้ว นำไปปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.2 small group test เป็นการประเมินโดยผู้เรียน 8 – 10 คนที่เป็นผู้เรียน

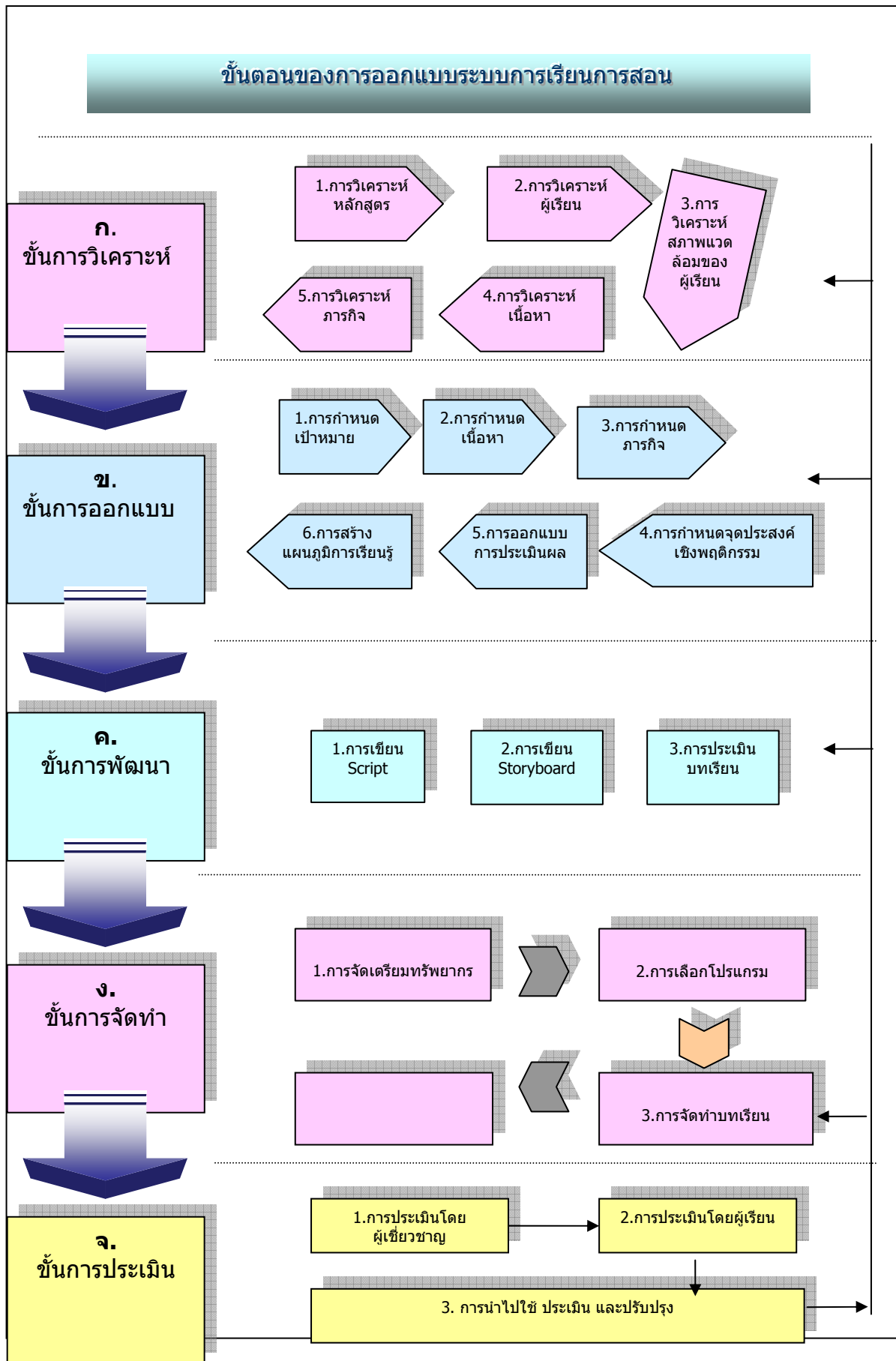
กลุ่มเก่ง กลาง อ่อน ในสัดส่วน 3:4:3 ศึกษาทเรียนแล้วเก็บข้อมูลทางด้านความสะดวก ความง่ายในการใช้บทเรียน การทำกิจกรรมแบบฝึกและแบบทดสอบ ความเหมาะสม ทางด้านเทคนิคการนำเสนอ จิตวิทยาการรับรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ผู้ออกแบบใช้วิธีการสังเกต พิจารณาผลสัมฤทธิ์จากการเรียน สอบถามข้อมูลจากผู้เรียน ฯลฯ เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอแล้ว นำไปปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3 field try เป็นการประเมินโดยผู้เรียน อย่างน้อย 30 คนที่เป็นผู้เรียน กลุ่มเก่ง กลาง อ่อน ในสัดส่วน 3:4:3 ศึกษาทเรียนแล้วเก็บข้อมูลทางด้านความสะดวก ความง่ายในการใช้บทเรียน การทำกิจกรรมแบบฝึกและแบบทดสอบ ความเหมาะสม ทางด้านเทคนิคการนำเสนอ จิตวิทยาการรับรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ผู้ออกแบบใช้วิธีการสังเกต พิจารณาผลสัมฤทธิ์จากการเรียน สอบถามข้อมูลจากผู้เรียน ฯลฯ เมื่อได้ข้อมูลเพียงพอแล้ว นำไปปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จนได้ค่าประสิทธิภาพ 80/80 ตามเกณฑ์ทั่วไปของการผลิตสื่อประสม

3. การประเมินในสถานการณ์การใช้จริง

หลังจากจัดทำ บทเรียนผ่านการทดลองหาจนเป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพแล้ว เป็น ขั้นตอนการนำไปใช้ ซึ่งอาจเป็นผู้จัดทำนำไปใช้เอง หรือเผยแพร่ให้ผู้อื่นใช้ ซึ่งเป็นการใช้ ในสถานการณ์จริง เพื่อให้บทเรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เราจึงควรเก็บข้อมูลการใช้ในทุกๆ ด้านเพื่อนำมาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

อนึ่ง เนื่องจากผู้เขียนแบ่งขั้นตอนของการออกแบบระบบการเรียนการสอน เป็น 5 ขั้นตอนและแต่ละตอนมีรายละเอียดมาก ดังนั้นเพื่อให้เห็นภาพรวมของการออกแบบระบบ การเรียนการสอน ผู้เขียนจึงขอสรุปองค์ประกอบและขั้นตอนของการออกแบบระบบการเรียน การสอนดังนี้



เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ , สำนักงาน . **แกนหลักและแนวคิดการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้และเกณฑ์การประเมินโรงเรียนปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ, 2544.

ถนอมพร (ต้นพิพัฒน์) เล่าหจรัสแสง. **Designing e-Learning : หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน**. เชียงใหม่มหาวิทยาลัย, 2546

วรากร หงษ์โต. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน **วิชา ศิลปะกับชีวิต 3 เรื่อง การออกแบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2** โรงเรียนบางลี่วิทยา จังหวัดสุพรรณบุรี วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2543

ศึกษาธิการ, กระทรวง,กรมวิชาการ. **ผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว .กทม. 2546

<http://www.cybered.co.th/warnuts/wbi/index3.htm>

<http://www.thaicai.com/articles/immci.htm1>