

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เรื่อง “รีซิสเตอร์และคาปาซิเตอร์” สำหรับนักศึกษาระดับปวช.1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี ผู้จัดทำได้ศึกษาหลักสูตร เก็บรวบรวมข้อมูล เอกสาร ตำรา หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆ เพื่อใช้ในการดำเนินการดังต่อไปนี้

- 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการออกแบบคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย
- 2.2 หลักการและขั้นตอนของการออกแบบ
- 2.3 การประเมินคุณภาพสื่อ
- 2.4 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน
- 2.6 วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง “รีซิสเตอร์และคาปาซิเตอร์”
- 2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

ในการออกแบบการเรียนการสอน ผู้ที่ออกแบบได้ควรมีพื้นฐานความรู้ด้านหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอย่างกว้างขวาง เช่น หลักการวัดและประเมินผล หลักการสอนและวิธีสอน ทฤษฎีการเรียนรู้และทฤษฎีการสอน หลักการและทฤษฎีดังกล่าวเกิดขึ้นจากการศึกษาค้นคว้าและการวิจัยของนักจิตวิทยาการศึกษาเกือบทั้งสิ้น เช่น ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behavioral Theories) และทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitive Theories) ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการเรียนการสอนอย่างกว้างขวาง

2.1.1 ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม

พื้นฐานความคิดของทฤษฎีพฤติกรรมนิยมโดยสรุป เชื่อว่าพฤติกรรมของมนุษย์นั้นเกิดขึ้นจากการเรียนรู้ สามารถสังเกตพฤติกรรมได้ในรูปแบบต่าง ๆ กัน และเชื่อว่าการให้ตัวเสริมแรง (Rein forcer) จะช่วยกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมตามต้องการได้ นักจิตวิทยาที่ได้รับการยอมรับในกลุ่มนี้ได้แก่ Pavlov ซึ่งเดิมเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงของรัสเซีย Watson นักจิตวิทยาชาวอเมริกันซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นบิดาของจิตวิทยากลุ่มพฤติกรรมนิยม และ Skinner ชาวอเมริกัน ที่โดดเด่นในการนำทฤษฎีด้านจิตวิทยาไปประยุกต์ใช้เพื่อการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเสริมแรง ได้มีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องจนถึงในปัจจุบัน

Skinner เชื่อว่าตัวเสริมแรง เป็นตัวแปรสำคัญในการเปลี่ยนพฤติกรรมหรือการเรียนรู้ของผู้เรียน เกี่ยวข้องกับความเร็ว ความอดทนในการทำงาน ความสามารถบังคับตนเอง และช่วยให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ การเสริมแรงอาจเป็นรูปแบบของการให้รางวัลที่เหมาะสมหรืออาจเป็นความพึงพอใจที่เกิดขึ้นจากความสำเร็จในการเรียนหรือทำกิจกรรม หลักการของ Skinner ได้รับการนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบการสอนแบบโปรแกรม ซึ่งเป็นโครงสร้างสำคัญในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนปัจจุบัน

โครงสร้างหลักบทเรียนแบบโปรแกรมของ Skinner เน้นแนวคิดหลักดังนี้

1. แบ่งบทเรียนแต่ละบทออกเป็นส่วนย่อยเป็นขั้น ๆ อาจเรียกว่าเฟรม ในแต่ละเฟรมจะประกอบด้วยเนื้อหาซึ่งมีความคิดรวบยอดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และทำความเข้าใจ
2. การจัดกรอบเนื้อหาหรือเฟรม ต้องเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก เพื่อจูงใจให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และตอบคำถามเป็นขั้น ๆ
3. ผู้เรียนต้องตอบคำถามทุกเฟรมให้ถูกต้อง ก่อนที่จะข้ามไปศึกษาเนื้อหาเฟรมต่อไป เฟรมเสริมเนื้อหาอาจมีความจำเป็นกรณีที่ผู้เรียนตอบคำถามผิด
4. การเสริมแรงจะมีทุกครั้งที่คุณเรียนตอบคำถาม ผู้เรียนจะได้รับผลป้อนกลับว่าตอบถูกหรือผิดในทันทีทันใด
5. บทเรียนแบบโปรแกรมจะไม่กำหนดช่วงเวลาศึกษาในแต่ละเฟรม แต่จะขึ้นอยู่กับผู้เรียนเป็นสำคัญ

Skinner ได้แยกลักษณะของตัวเสริมแรงที่ช่วยให้เกิดแรงจูงใจออกเป็น 3 ลักษณะคือ ตัวเสริมแรงที่เป็นวัตถุสิ่งของ ตัวเสริมแรงทางสังคม และตัวเสริมแรงภายในตนเอง ในแง่ของนักวิชาการและครูผู้สอน ควรหลีกเลี่ยงการให้เสริมแรงในลักษณะของรางวัลที่เป็นสิ่งของ เนื่องจากกาการให้รางวัลในลักษณะนี้จะลดแรงจูงใจภายใน (Intrinsic motivation) ซึ่งเป็นแรงจูงใจที่เกิดขึ้นจากความต้องการกระทำของบุคคลนั้น ๆ

นักการศึกษาในกลุ่มพฤติกรรมนิยม ได้นำแนวคิดเรื่องการเสริมแรงของ Skinner มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยพยายามหาวิธีให้การเรียนจากบทเรียนไม่น่าเบื่อได้ ทั้งความสนุกและความรู้ ยิ่งถ้าสนุกและน่าสนใจเหมือนการเล่นเกมนคอมพิวเตอร์ยิ่งเป็นการดี Malone (1980) เป็นนักวิจัยผู้หนึ่งที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของเกมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้เด็กเกิดความกระตือรือร้นและความสนุกสนาน ขั้นตอนการศึกษาของ Malone เริ่มด้วยการสำรวจเกมต่าง ๆ จำนวน 25 เกมส์ ซึ่งเป็นที่รู้จักของเด็กและมีการเล่นแพร่หลายทั้งในและนอกโรงเรียน มาให้เด็กกลุ่มตัวอย่างเล่น หลังจากนั้นได้สอบถามความคิดเห็น โดยให้เลือกเกมส์ 3 เกมส์ตาม

ความชอบของเด็ก และจัดเรียงลำดับเกมต่าง ๆ ที่เด็กส่วนใหญ่ชอบมากที่สุด 3 อันดับแรก นำมาศึกษาต่อเพื่อค้นหาคำตอบที่ว่า อะไรเป็นสาเหตุแห่งความสำเร็จของเกมนั้น ๆ Malone พบว่าองค์ประกอบของตัวเสริมแรงที่ทำให้เกมเหล่านั้นได้รับความนิยมและเป็นแรงจูงใจสำคัญ ที่ทำให้เด็ก ๆ นิยมเล่นเป็นอย่างมากคือ ความท้าทาย (Challenge) จินตนาการเพื่อฝัน (Fantasy) และความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)

ความท้าทาย เป็นความต้องการของมนุษย์ที่จะเอาชนะสิ่งที่ตนเองคาดว่าจะชนะได้มีนักการศึกษาหลายท่านพยายามศึกษา และรวบรวมลักษณะของกิจกรรมที่ท้าทายไว้ด้วยกันดังนี้

- ความยากของกิจกรรม จะต้องเหมาะสมกับทักษะและความสามารถของผู้ทดสอบ (ผู้กระทำ) และผู้ทดสอบเองก็สามารถจะเพิ่มหรือลดระดับความยากง่ายของกิจกรรมได้ตามความต้องการ
- เกณฑ์การวัดกิจกรรมที่ได้กระทำไปต้องชัดเจน ผู้ทดสอบสามารถวัดและประเมินได้ตลอดเวลาว่า กิจกรรมที่กำลังกระทำอยู่นั้นมีขนาดไหน ถูกต้องหรือไม่ ถูกต้องอย่างไร
- กิจกรรมนั้น ๆ ควรจะมีข้อมูลย้อนกลับที่เข้าใจง่าย เพื่อบอกให้ผู้ทดสอบรู้ว่าตนเองอยู่ในตำแหน่งใดเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้
- ระดับความยากของกิจกรรมจะต้องสูงพอและมีคุณภาพ เพื่อที่จะสนองความต้องการของผู้ทดสอบที่มีความสามารถพิเศษ

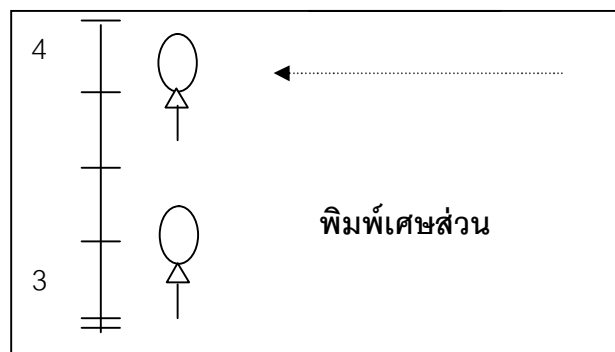
ข้อสรุปดังกล่าวสอดคล้องกับข้อสรุปของ Malone อย่างมาก โดยได้กล่าวไว้ว่าในการสร้างสภาวะเพื่อให้เกิดการท้าทายนี้ จุดสำคัญคือ กิจกรรมนั้น ๆ จะต้องมีความท้าทายที่ผู้เล่นสามารถไปถึงได้ในระดับที่ต่างกัน ตามระดับความสามารถของแต่ละคน ไม่ใช่เพียงแค่แพ้หรือชนะ การศึกษาเป้าหมายและความพึงพอใจนี้พบว่า มนุษย์จะเลือกเป้าหมายที่ค่อนข้างยากที่คิดว่าตนเองน่าจะทำได้สำเร็จ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มคุณค่าแห่งความสำเร็จหรือเพื่อสนองความอยากรู้อยากเห็นของตนเอง Weiner นักจิตวิทยาได้ศึกษาเกี่ยวกับแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์พบว่า มนุษย์จะเลือกจุดหมายที่ตนเองคิดว่ามีโอกาสทำได้สำเร็จประมาณครึ่งต่อครึ่ง หากสำเร็จหรือเนื่องจากบุคคล ผู้นั้นมีความสามารถมากขึ้น บุคคลนั้นก็จะพยายามเลือกจุดหมายที่ยากขึ้นเรื่อย ๆ สรุปแล้วธรรมชาติอย่างหนึ่งของมนุษย์คือ การตั้งจุดหมายที่ท้าทาย โดยมองเอาความสำเร็จเป็นความ พอใจและความนิยมชมชื่นในตัวเอง

จุดหมายที่ค่อนข้างยากของแต่ละคนมีระดับไม่เท่ากัน ผู้สร้างบทเรียนด้วยคอมพิวเตอร์หรือบทเรียนทั่วไป ควรจะได้คำนึงถึงการได้กำหนดความยากง่ายของจุดหมาย และต้องแน่ใจว่าผู้เรียนสามารถจะไปถึงจุดหมายได้ตามความสามารถของตน เพราะสิ่งนี้จะเป็นตัวเสริมแรงที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องมีรางวัลภายนอกเป็นเครื่องล่อ เมื่อไรก็ตาม ถ้าผู้เรียนเกิดแรงจูงใจโดยไม่มีรางวัลภายนอกเป็น

เครื่องล่อ ก็จะใช้เวลาในการศึกษาค้นคว้า และจะมีความมานะพยายามเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ แล้ว ผู้เรียนยังจะมีทัศนคติที่ดีต่อสิ่งที่ตัวเองกำลังศึกษาอยู่ รวมทั้งมีความเป็นไปได้สูงที่ผู้เรียนจะนำสิ่งที่ตนเองได้เรียนรู้ไปใช้ในโอกาสเหตุการณ์ชีวิตของผู้เรียนในลักษณะนี้จะตรงกันข้าม หากผู้เรียนไม่ประสบความสำเร็จหรือไม่สามารถไปถึงจุดหมายที่ตั้งไว้

จินตนาการเพื่อฝัน Darts เป็นเกม ๆ หนึ่งที่มีความนิยมสูงมาก รูปที่ 2.1 เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบเกม que แสดงให้เห็นถึงลูกโป่ง 2 ลูก ซึ่งติดไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ กัน ผู้เล่นเกมจะคำนวณตำแหน่งของลูกโป่งด้วยการพิมพ์ตัวเลขจำนวนเต็มและเศษส่วน หลังจากนั้นลูกศรจะปรากฏและวิ่งไปในตำแหน่งของตัวเลขดังกล่าว ผู้เล่นจะรู้ความผิดพลาดของตัวเองจากข้อมูลย้อนกลับของโปรแกรม เช่น สูงไปหรือต่ำไป หากว่าการคำนวณนั้นถูกต้อง ลูกโป่งจะแตก

ลักษณะที่ลูกศรวิ่งชนลูกโป่งและลักษณะที่ลูกโป่งจะแตกกระจายโดยมีเสียงประกอบเป็นลักษณะหนึ่งของจินตนาการเพื่อฝัน ที่ช่วยสร้างสภาวะการเรียนรู้และการสอนที่น่าสนใจยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างจากเกมชื่อ “Darts” ซึ่งออกแบบให้ผู้เรียนอิงธนูป้ายังเป้าหมายด้วยการพิมพ์คำตอบ

พจนานุกรม American Heritage Dictionary ได้ให้คำจำกัดความของจินตนาการเพื่อฝันว่า หมายถึง การสร้างสภาวะต่าง ๆ เพื่อที่จะกระตุ้นให้บุคคลเกิดจินตภาพเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองไม่เคยพบ หรือไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน จินตภาพนี้อาจเป็นลักษณะของวัตถุ การเคลื่อนไหวของวัตถุ เช่น ลูกศร และลูกโป่ง หรืออาจเป็นการสร้างสภาพการณ์ทางสังคม เช่น การที่ผู้เล่นได้รับการสมมุติให้เป็นเจ้าเมือง

นักทฤษฎีหลายคน เช่น Freud และ Singer ได้พยายามที่จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องของจินตนาการเพื่อฝัน Freud ได้อธิบายเกี่ยวกับความชอบของเด็กในการเล่นเกมที่มิมารูปหรือสัญลักษณ์ประกอบ (Symbolic Game) ว่าสาเหตุสำคัญของความชอบนี้ก็เพราะความต้องการอยากเป็นผู้ชนะ หรือประสบความสำเร็จในบางสิ่งบางอย่างที่ตนเองต้องการชนะ หรือเคยพลาดมาก่อน เพราะธรรมชาติอย่างหนึ่งที่ติดตัวมนุษย์ คือความปรารถนา Freud ได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมว่าการที่มนุษย์เพื่อฝันกลางวันนั้น ก็เพื่อที่จะรักษาระดับของความปรารถนาให้สูงไว้นั่นเอง

จากทฤษฎีที่กล่าวข้างต้น สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า ถ้าการสร้างจินตนาการเพื่อฝันในการเรียนการสอนเป็นสิ่งที่ช่วยสนองความปรารถนาของผู้เรียน หรือเป็นองค์ประกอบที่ช่วยผ่อนคลายความขัดแย้งของผู้เรียน เหมือนกับจินตนาการเพื่อฝันที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเอง การสร้างจินตนาการเพื่อฝันที่เหมาะสมเพื่อการเรียนการสอนจะเป็น “บังเหียน” ที่ช่วยควบคุมแนวทางในการสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียนด้วย ปัญหาอยู่ที่ว่าจะสร้างอย่างไร จึงจะสนองความต้องการของผู้เรียน ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

การสร้างจินตนาการเพื่อฝันให้กับผู้เล่นหรือผู้เรียนมิใช่จะมีแต่ข้อดีเสมอไป เกมบางเกมที่ให้ความรู้สึกรุนแรง อาจมีส่วนโน้มน้าวให้ผู้เล่นมีความคิดหรือการกระทำที่รุนแรงมากขึ้น หรือในทางตรงกันข้ามอาจลดน้อยลงได้ และข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ จะมีผู้เล่นไม่น้อยทีเดียวที่ชอบสร้างหรือชอบดูจินตนาการเพื่อฝันในลักษณะของความหายนะ เช่น ชอบดูคนกำลังจะถูกแขวนคอ (จากเกม Hangman) ชอบดูคนที่กำลังเดินเข้าใกล้หน้าผาที่ละลาย ๆ หรือชอบดูการระเบิดของระเบิดเวลา เหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เด็กแกล้งตอบคำถามให้ผิด จินตนาการเพื่อฝันในลักษณะนี้ควรหลีกเลี่ยง และสร้างสิ่งอื่นที่เหมาะสมกว่ามาแทน เช่น ถ้าตอบถูก จะมีภาพรถไฟกำลังวิ่งเข้าใกล้เมือง ซึ่งแสดงจุดหมายหรือหลักชัยหรือจรวดกำลังวิ่งผ่านดวงดาวต่าง ๆ และกำลังเข้าใกล้โลกขึ้นทุกขณะ

ความอยากรู้อยากเห็น เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนรู้ การจัดหาสิ่งเร้าเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และให้ความอยากรู้อยากเห็นนั้นเกิดต่อเนื่องกันไป Berlyne ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์และสัตว์ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความอยากรู้อยากเห็นพบว่า องค์ประกอบสำคัญของสิ่งเร้า 4 อย่างคือ ความแปลกใหม่ (novelty) ความซับซ้อน (complexity) ความประหลาดใจ (surprising ness) และความไม่สอดคล้อง (incongruity) งานวิจัยหลายเรื่องที่สนับสนุนแนวคิดดังกล่าว งานวิจัยเหล่านี้ใช้เวลาเป็นตัวแปรตาม คือ ถ้าเมื่อใดที่ผู้ถูกทดลองใช้เวลาในการศึกษา หรือลงมือปฏิบัติกิจกรรมนาน แสดงว่ามีสิ่งเร้าที่กระตุ้นให้ผู้ถูกทดลองเกิดความอยากรู้อยากเห็น เช่น พบว่าสีสนของเครื่องเล่นไม่ใช่สิ่งที่จะชี้ว่าเด็กจะชอบหรือไม่ชอบเล่น แต่เป็นความแปลกใหม่หรือความซับซ้อนของเครื่องเล่น ที่สัมพันธ์กับระยะเวลาในการเล่น

Malone ได้แบ่งประเภทของความอยากรู้อยากเห็นออกเป็น 2 ประเภทคือ ความอยากรู้อยากเห็นในด้านประสาทสัมผัส และความอยากรู้อยากเห็นในด้านความคิดและความเข้าใจ

1) ความอยากรู้อยากเห็นในด้านประสาทสัมผัส เป็นความอยากรู้อยากเห็นอันเกิดจากสิ่งเร้าภายนอก เน้นเฉพาะความอยากรู้อยากเห็นจากการได้เห็นและการได้ยินมากกว่าสิ่งอื่น เช่น แสง สี เสียง และการจัดสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ในลักษณะของการผสมผสานกัน เช่น สีกับเสียงหรือสีกับคำอ่าน หรือภาพกับเสียง

2) ความอยากรู้อยากเห็นในด้านความคิดและความเข้าใจ เกี่ยวข้องกับระบบและโครงสร้างของการรับรู้ของมนุษย์ มีหลักการที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ประการ คือ หลักการที่กล่าวถึงความสมบูรณ์ในตัว และความสม่ำเสมอ โดยเชื่อว่าวิธีหนึ่งที่จะกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียน คือ การให้ข้อมูลที่ดูเหมือนว่ายังไม่มีความสมบูรณ์ในตัว เช่น การขัดจังหวะในฉากสุดท้ายของการดูโทรทัศน์ ก่อนที่ผู้ชมจะรู้ว่าใครคือฆาตกรและความเชื่อในการให้สิ่งเร้าที่ไม่มีความคงที่สม่ำเสมอ เช่น พืชต้องการแสงแดด เห็นเราสามารถเติบโตในที่มือทั้งสองประการนี้เทียบได้กับองค์ประกอบสำคัญข้างต้นในด้านความไม่สอดคล้อง

2.1.1.1 การประยุกต์แนวคิดและทฤษฎีพฤติกรรมนิยมออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

สรกฤษ มณีวรรณ [6] จากหลักการแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้จากกลุ่มพฤติกรรมนิยมดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ได้ดังนี้

- ควรแบ่งเนื้อหาบทเรียนออกเป็นหน่วยย่อย
- แต่ละหน่วยย่อยควรบอกเป้าหมายและวัตถุประสงค์ ให้ชัดเจนว่า ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาอะไร และศึกษาอย่างไรบ้าง
- ผู้เรียนสามารถเลือกความยากง่ายของเนื้อหา และกิจกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการและความสามารถของตนเองได้
- เกณฑ์การวัดผลต้องมีความชัดเจน น่าสนใจ บอกได้ว่าผู้ทดสอบอยู่ตำแหน่งใด เมื่อเทียบกับเกณฑ์ตามปกติ และการวัดผลควรทำอย่างต่อเนื่อง
- ควรให้ข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบที่น่าสนใจทันทีทันใด หรือกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจ
- ควรใช้ภาพหรือเสียงที่เหมาะสม
- กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างจินตนาการที่เหมาะสมกับวัย โดยการใช้ข้อความ ใช้ภาพเสียง หรือการสร้างสถานการณ์สมมติ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในสถานการณ์นั้น ๆ
- การนำเสนอเนื้อหาและการให้ข้อมูลย้อนกลับ ควรให้ความแปลกใหม่ ซึ่งอาจใช้ภาพ เสียง หรือกราฟิก แทนที่จะใช้คำอ่านเพียงอย่างเดียว
- เสนอข้อมูลในลักษณะของความขัดแย้งทางความคิด เช่น “ปลาต้องอยู่ในน้ำจึงจะรอด แต่มีปลาชนิดหนึ่งที่เดินอยู่บนดินแห้งได้”

- ควรสอดแทรกคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย หรือประหลาดใจเมื่อเริ่มต้นบทเรียนหรือระหว่างเนื้อหาแต่ละตอน
- ให้อตัวอย่างหรือหลักเกณฑ์กว้าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดค้นหาคำตอบเอง การค่อย ๆ ชี้แนะหรือบอกไปอาจจำเป็น ซึ่งจะช่วยสร้างและรักษาระดับความอยากรู้อยากเห็น

2.1.1.2 ทฤษฎีปัญญานิยม

ทฤษฎีปัญญานิยมเกิดจากแนวความคิดของ Chomsky ที่มีความเห็นไม่สอดคล้องกับแนวคิดของนักจิตวิทยาในกลุ่มพฤติกรรมนิยม Chomsky เชื่อว่าพฤติกรรมมนุษย์นั้นเกิดขึ้นจากจิตใจ ความคิด อารมณ์ และความรู้สึกแตกต่างกันออกไป เขามีวิธีอธิบายพฤติกรรมของมนุษย์ว่า พฤติกรรมมนุษย์มีความเชื่อมโยงกับความเข้าใจ การรับรู้ การระลึกหรือจำได้ การคิดอย่างมีเหตุผล การตัดสินใจ การแก้ปัญหา การสร้างจินตนาการ การจัดกลุ่มสิ่งของ และการตีความ ในการออกแบบการเรียนการสอนจึงควรต้องคำนึงถึงความแตกต่างด้านความคิด ความรู้สึก และโครงสร้างการรับรู้ด้วย นักทฤษฎีกลุ่มปัญญานิยมมีแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ว่าการเรียนเป็นการผสมผสานข้อมูลข่าวสารเดิมกับข้อมูลข่าวสารใหม่เข้าด้วยกัน หากผู้เรียนมีข้อมูลข่าวสารเดิมเชื่อมโยงกับข้อมูลข่าวสารใหม่ การรับรู้ก็จะง่ายขึ้น ผู้เรียนจะมีลีลาในการรับรู้และการเรียนรู้และการนำความรู้ไปใช้ต่างกัน แนวความคิดดังกล่าวนี้เองที่ทำให้เกิดแนวคิดเกี่ยวกับความแตกต่างของการจำ นักทฤษฎีกลุ่มนี้ได้ให้ความสนใจศึกษาองค์ประกอบในการจำที่ส่งผลต่อความจำระยะสั้น ความจำระยะยาว และความคงทนในการจำ

Piaget เป็นนักจิตวิทยาอีกผู้หนึ่งในกลุ่มนี้ เป็นผู้นำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการรับรู้ของเด็ก และได้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาขึ้น โดยเชื่อว่ามนุษย์เกิดมาพร้อมกับโครงสร้างสติปัญญาที่ไม่ซับซ้อน และจะค่อย ๆ มีการพัฒนาขึ้นตามลำดับเมื่อได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ผู้สอนจึงควรจัดสภาพแวดล้อมให้ผู้เรียนได้คิด ได้รู้จักวิธีการ และให้เกิดการค้นพบด้วยตนเอง Bruner เรียกวิธีการดังกล่าวนี้ว่า การเรียนรู้โดยการค้นพบ โดยผู้สอนต้องมีความเข้าใจว่ากระบวนการคิดของเด็กและผู้ใหญ่แตกต่างกัน การเรียนการสอนต้องเน้นการจัดหรือการสร้างประสบการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยก่อน และควรแทรกปัญหาซึ่งผู้สอนอาจเป็นผู้ตั้งปัญหา หรืออาจมาจากผู้เรียนเป็นผู้ตั้งปัญหา แล้วช่วยกันคิดแก้ไขและหาคำตอบการสอนแนวนี้ได้รับความสนใจจากนักจิตวิทยาในกลุ่มนี้มาก และได้แตกแขนงออกเป็นกลุ่มนักวิสวกรรมนิยม (Constructivists) ส่วนรางวัลที่ผู้เรียนได้รับนั้นควรเน้นแรงจูงใจภายในมากกว่าแรงจูงใจภายนอก ซึ่งเป็นความรู้สึกที่เกิดจากความสำเร็จหรือการแก้ปัญหา มากกว่ารางวัลที่ได้รับจากภายนอก

Ausubel นักจิตวิทยาแนวปัญญานิยมได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ของมนุษย์ และได้แบ่งการรับรู้ออกเป็น 4 ประเภทคือ

1. การเรียนรู้โดยเรียนรู้อย่างมีความหมาย
2. การเรียนรู้โดยการท่องจำ
3. การเรียนรู้โดยการค้นพบอย่างมีความหมาย
4. การเรียนรู้โดยการค้นพบแบบท่องจำ

การเรียนรู้ทั้ง 4 รูปแบบนี้ Ausubel ได้เน้นความสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และพยายามที่จะสร้างหลักการเพื่ออธิบายกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าว หลักการดังกล่าวนี้ Ausubel เชื่อว่า จะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยเรียกหลักการดังกล่าวนี้ว่า การจัดวางโครงสร้างเนื้อหา หลักการสำคัญประการหนึ่งที่นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้ มิได้กล่าวถึง คือ การสร้างความตั้งใจให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนก่อนเริ่มเรียน ความรู้ต่าง ๆ จะต้องถูกจัดให้มีระบบและสอดคล้องกับการเรียนรู้ โครงสร้างของเนื้อหาควรต้องได้รับการจัดเตรียมหรือแบ่งแยกออกเป็นหมวดหมู่ และเห็นความสัมพันธ์ในรูปแบบที่กว้างก่อนที่จะขยายให้เห็นความถี่รวบยอดในส่วนย่อย

2.1.1.3 การประยุกต์แนวคิดและทฤษฎีปัญญานิยมออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

หลักการและแนวคิดของทฤษฎีปัญญานิยม สามารถนำมาใช้ในการออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ได้ดังนี้

- ใช้เทคนิคเพื่อสร้างความสนใจแก่ผู้เรียนก่อนเริ่มเรียน โดยการผสมผสานข้อมูลและการออกแบบ Title ที่เร้าความสนใจ

- ควรสร้างความน่าสนใจในการศึกษาบทเรียนอย่างต่อเนื่อง ด้วยวิธีการและรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป

- การใช้ภาพและกราฟประกอบการสอนควรต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับเนื้อหา
- คำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนในแง่ของการเลือกเนื้อหาการเรียน การเลือก

กิจกรรมการเรียน การควบคุมการศึกษาบทเรียน การใช้ภาษา การใช้กราฟประกอบบทเรียน

- ผู้เรียนควรได้รับการชี้แนะในรูปแบบที่เหมาะสม หากเนื้อหาที่ศึกษามีความซับซ้อน หรือมีโครงสร้างเนื้อหาที่เป็นหมวดหมู่และสัมพันธ์กัน

- ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทบทวนความรู้เดิมที่สัมพันธ์กับความรู้ใหม่ในรูปแบบที่เหมาะสม

- กิจกรรมการสอนควรผสมผสานการให้ความรู้ การให้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หาคำตอบ

- สร้างแรงจูงใจโดยเน้นความพึงพอใจที่เกิดขึ้นจากความสำเร็จในการเรียนรู้

2.1.1.4 การออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

การพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย นั้นมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ องค์ประกอบด้านการออกแบบการสอน และองค์ประกอบด้านการออกแบบหน้าจอ (Screen Design) องค์ประกอบด้านการออกแบบการสอนนั้น จะให้ความสำคัญที่การนำเอาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน และทฤษฎีด้านจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียน โดยจะเริ่มตั้งแต่การประมวลเนื้อหาวิชาที่สอน การวิเคราะห์เนื้อหา การแบ่งหน่วยเนื้อหา การกำหนดรูปแบบและ กิจกรรมการสอน การมีปฏิสัมพันธ์ และการประเมินการเรียนรู้ องค์ประกอบด้านการออกแบบหน้านั้นจะเกี่ยวข้องกับเทคนิคในการนำเสนอเนื้อหาบนจอภาพคอมพิวเตอร์ การจัดองค์ประกอบของหน้าจอ การใช้ภาพกราฟิก เสียง สี และตัวอักษร เพื่อการนำเสนอเนื้อหาที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ และทฤษฎีการรับรู้ นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับการออกแบบหน้าจอเพื่อให้ผู้เรียนสามารถควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความถนัด และความสามารถของแต่ละคนอีกด้วย

2.1.1.5 รูปแบบการพัฒนา คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

ผู้ที่มิประสบความสำเร็จในการสอนจะทราบดีว่าการสอนที่ดีไม่ใช่การยึดเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นหลัก ผู้สอนที่ประสบความสำเร็จในการสอนจะต้องนำปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมากำหนดรูปแบบและวิธีการสอน เช่น ตัวผู้เรียน ลักษณะเนื้อหาวิชา วัตถุประสงค์ของการสอน ผลลัพธ์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ ห้องเรียน สื่อการเรียน และสภาพแวดล้อมภายนอก

สภาพการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกตินั้น โดยทั่วไปมุ่งออกแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความสามารถและความต้องการของผู้เรียนส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนนักเรียนที่มีมาก และภารกิจการสอนที่หนักจนผู้สอนไม่สามารถดูแลหรือเตรียมกิจกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนแต่ละคนได้ แม้ผู้สอนจะทราบถึงความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนการสอน แต่ในทางปฏิบัติแล้วผู้สอนจะจัดการอะไรได้ไม่มากนัก นักออกแบบการสอนได้นำเสนอรูปแบบการสอนหลายรูปแบบ ทุกรูปแบบให้ความสนใจด้านความแตกต่างของผู้เรียนรวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ

โมเดลสำหรับพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ที่ได้รับการยอมรับจากนักศึกษามีหลายรูปแบบด้วยกัน ที่จะกล่าวถึงคือโมเดลแสดงขั้นตอนการออกแบบของ Roblyer และ Hall [7] และโมเดลของ Gagne [8]

2.1.1.6 การออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียของ Roblyer และ Hall

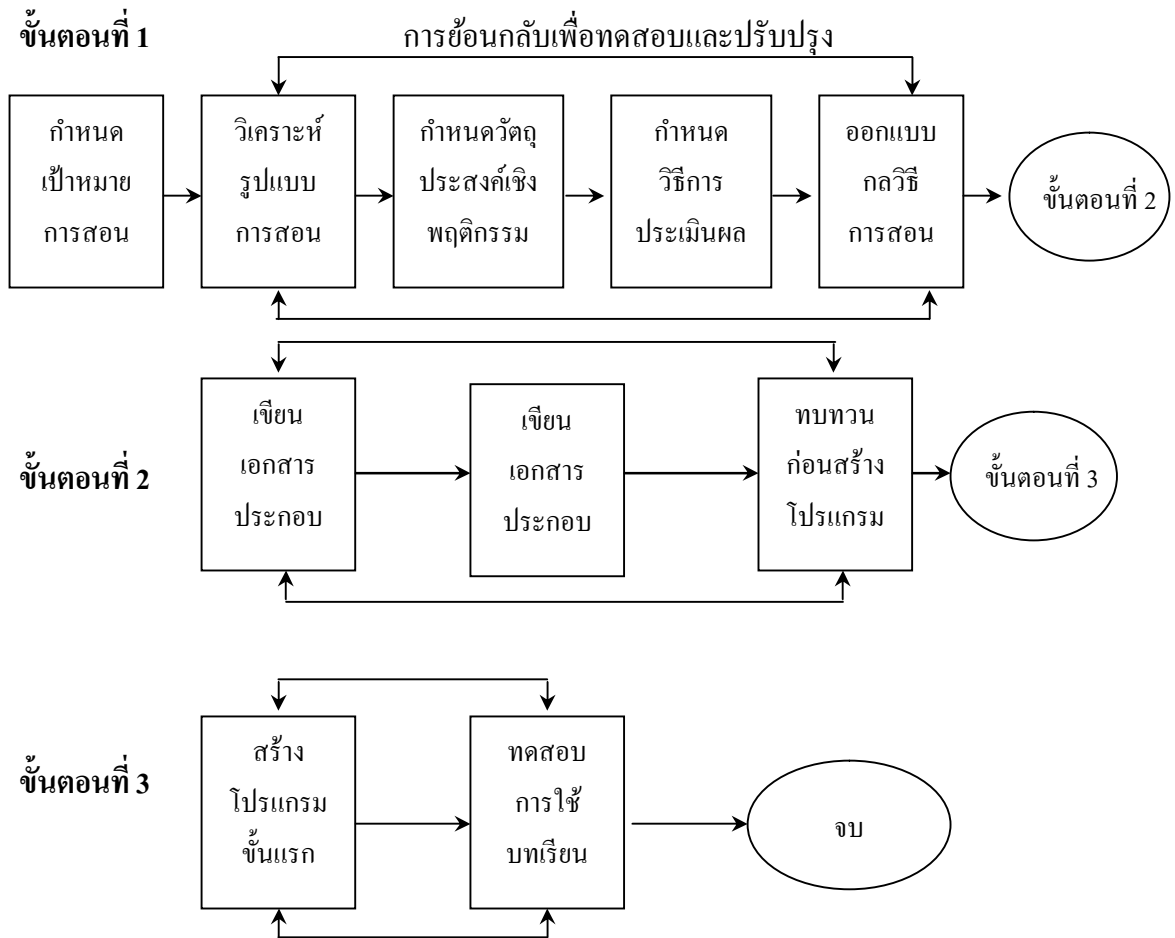
Roblyer และ Hall [7] ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่าประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการกำหนดเป้าหมายการสอน วิเคราะห์รูปแบบการสอน ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม กำหนดวิธีการประเมินผล และการออกแบบกลวิธีการสอน ซึ่งกำหนดอย่างชัดเจนตั้งแต่เริ่มต้นวางแผนออกแบบบทเรียน

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการออกแบบบทเรียนโดยเขียนเป็นผังงาน สร้างกรอบแสดงเรื่องราว (Storyboard) ของบทเรียนว่าจะประกอบด้วยอะไรบ้าง มีข้อความ การเสริมแรงผลป้อนกลับ การดำเนินขั้นตอนของเนื้อหา ขั้นสุดท้ายของขั้นตอนนี้ก็คือการทบทวนการออกแบบก่อนนำไปสร้างโปรแกรมบทเรียน และในขั้นนี้ควรจัดทำเอกสารหรือคู่มือประกอบสำหรับผู้เรียนและผู้สอนด้วย

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการทดลองสร้างโปรแกรมบทเรียน มีการทดสอบการใช้และแก้ไข ปรับปรุงบทเรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบบทเรียน

โมเดลของ Roblyer และ Hall [7] ในแต่ละขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอนนี้ จะมีกระบวนการป้อนกลับเพื่อทดสอบและปรับปรุงอยู่เสมอ



รูปที่ 2.2 แสดงการจำลองขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.1.7 การออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียของ Gagne

Gagne [8] ได้กล่าวถึงขั้นตอนสำคัญ 2 ประการในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

- ผู้ออกแบบต้องวิเคราะห์ให้ได้ว่าบทเรียนนั้น ๆ ต้องการให้ผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะ ในลักษณะใด Gagne เรียกผลลัพธ์ที่เกิดจากการเรียนรู้นี้ว่า ผลการเรียนรู้ (Learning Outcome) ผลจากการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนนี้ จะสัมพันธ์กับการกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียน และการกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกทางใดทางหนึ่ง ได้แบ่งผลการเรียนรู้ออกเป็น 5 แบบ ดังนี้

1. ความรู้ที่เป็นลักษณะตัวอักษร (Verbal Information)
2. ทักษะเชิงสติปัญญา (Intellectual Skills)
3. กลวิธีทางความคิด (Cognitive Strategies)
4. ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor Skills)
5. ทศนคติ (Attitudes)

ความรู้ที่เป็นลักษณะตัวอักษร หมายถึง การแสดงออกถึงความรู้และความจำที่ผู้เรียนสามารถระบุหรืออธิบายเป็นคำหรือประโยค เช่น การบอกชื่อบุคคลสำคัญ ชื่อเมือง หรืออธิบายความหมายของ “สารสนเทศ” เป็นต้น ผลจากการเรียนรู้ที่คาดหวังจากผู้เรียนในลักษณะนี้ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เป็นจริง และไม่ต้องการวิเคราะห์หรือการสังเคราะห์ใด ๆ เพื่อให้ได้คำตอบ

ทักษะเชิงสติปัญญา เป็นการแสดงออกของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจสามารถประยุกต์หลักการและแนวคิดต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา ค้นหาคำตอบ แยกแยะ หรือใช้ กฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่ออธิบายสิ่งต่าง ๆ ในเชิงลึกได้ เช่น อธิบายคำว่า “กรวย” “ครอบคร้ว” และ “ความสัมพันธ์ระหว่างเข็มนาฬิกาและวินาที” ได้ ในขั้นที่สูงขึ้น จะเกี่ยวข้องกับการใช้หลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ปัญหา หรือแม้กระทั่งการคิดค้นกฎเกณฑ์ขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

กลวิธีทางความคิด ทักษะการเคลื่อนไหว และทัศนคติ Gagne คิดว่าแม้จะมีความสำคัญแต่ในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย นั้นค่อนข้างยาก แต่ก็ยังคงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่เป็นที่ยอมรับในการออกแบบการสอนในชั้นเรียน

- เมื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้แล้ว จะต้องกำหนดวิธีการออกแบบบทเรียนการสอน เพื่อสนับสนุนกระบวนการเรียนการสอนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และได้ผลการเรียนรู้ที่ต้องการ Gagne [30] ได้แบ่งกลวิธีการออกแบบบทเรียนเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ไว้ 9 ขั้นตอนคือ

1. ได้รับความสนใจ (Gaining attention)
2. บอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Informing learner of lesson objective)
3. ทบทวนความรู้เดิม (Stimulating recall of prior knowledge)
4. ให้ความรู้และเนื้อหาใหม่ (Presenting stimuli with distinctive features)
5. ชี้แนะทางการเรียนรู้ (Guiding learning)
6. กระตุ้นผู้เรียนให้แสดงความรู้ (Eliciting performance)
7. ให้ผลป้อนกลับ (Providing informative feedback)
8. ทดสอบความรู้ (Assessing performances)
9. การจำและนำความรู้ไปใช้ (Enhancing retention and learning transfer)

ขั้นตอนการสอนทั้ง 9 ขั้นนี้ไม่จำเป็นต้องออกแบบเรียงตามลำดับขั้น และไม่จำเป็นต้องมีครบทุกขั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการสอนและผลการเรียนรู้ที่ต้องการ ขั้นตอนบางข้ออาจมีความยืดหยุ่นมาก เช่น ขั้นตอนข้อ 3, 4 และ 5 แต่บางขั้นตอนก็ยืดหยุ่นไม่ได้โดยโครงสร้างของการสอนอยู่แล้วเช่น ข้อ 7 คือ การให้ผลป้อนกลับ จะเกิดขึ้นก่อนข้อ 6 คือการกระตุ้นผู้เรียนให้แสดงความรู้ นั่นจึงเป็นไปได้

2.1.1.8 การประยุกต์ใช้กลวิธีของ Gagne ในการออกแบบคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

1. ได้รับความสนใจ การเรียนรู้มีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่ผู้เรียนควรจะได้รับกระตุ้นใจให้เกิดความสนใจ และความต้องการเรียนเนื้อหา นั้น ๆ ดังนั้นบทเรียนจึงควรเริ่มด้วยลักษณะของการใช้ภาพ สี และเสียง ประกอบกันหลาย ๆ อย่าง การได้รับความสนใจผู้เรียนในขั้นแรกนี้ก็คือ การสร้าง Title ของบทเรียน ซึ่งทำได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้เรียน เนื้อหาที่จะสอนและความพร้อมด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ด้วย เด็ก ๆ อาจชอบสี ชอบภาพเคลื่อนไหว ชอบการ์ตูน ชอบเสียงที่เร้าใจ สนุกสนาน แต่กลุ่มผู้ใหญ่อาจต้องการความสมบูรณ์เรียบง่าย ภาพที่คล้ายหรือเหมือนจริง ตัวอักษรที่ไม่ใหญ่เทอะทะ ต้องการเสียงที่ชัดเจนน่าฟัง

การออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เพื่อที่จะได้รับความสนใจของผู้เรียน จึงควรคำนึงถึงหลักการดังต่อไปนี้

- ใช้กราฟิกอธิบายส่วนของเนื้อหา ควรให้มีขนาดใหญ่ และไม่ซับซ้อน
- ใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือเทคนิคอื่น ๆ เพื่อแสดงการเคลื่อนไหว แต่ควรเป็น

ภาพเคลื่อนไหวที่สั้นและง่าย

- ใช้สีเข้าช่วย และพยายามหลีกเลี่ยงคู่สีที่ไม่เข้ากัน เช่น แดงกับเขียว
- ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟิกและเนื้อหาบทเรียน โดยทั่วไปนิยมใช้เสียงในตอนที

กระซิบและมีความเหมาะสมกับ Title

- กราฟิกควรค้างไว้บนจอ จนกว่าผู้เรียนกดเมาส์หรือคีย์บอร์ด การออกแบบให้มีการลบกราฟิกจากจออัตโนมัติสามารถทำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของ Title

- กราฟิกควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วย หากเป็นบทเรียนตามหลักสูตรก็ควรระบุหน่วยและระดับชั้นด้วย

- ควรใช้กราฟิกที่แสดงบนจอได้เร็วและกระชับ
- กราฟิกนอกจากจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาแล้ว ต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนด้วย

2. นำเสนอวัตถุประสงค์ การนำเสนอวัตถุประสงค์ของการเรียนในบทเรียนคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนจะรู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหา เค้าโครงของเนื้อหาอย่างกว้าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหาให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาส่วนใหญ่ได้ มีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพขึ้น จากการวิจัยยังพบว่าผู้เรียนที่ทราบวัตถุประสงค์ของการเรียน จะสามารถเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาได้ดีกว่าอีกด้วย

การนำเสนอวัตถุประสงค์ของบทเรียนทำได้หลายแบบ อาจเป็นวัตถุประสงค์กว้าง ๆ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีหลักการสำคัญอย่างหนึ่ง

คือ ข้อความที่เสนอบนหน้าจอ ควรเป็นข้อความที่สั้นและได้ใจความ และข้อความที่เสนอนั้นถ้าเป็นไปได้ควรมีส่วนดึงดูดใจผู้เรียนด้วย นิยมใช้ข้อความที่สั้นและโน้มน้าวใจผู้เรียน ส่วนจะเป็นวัตถุประสงค์กว้าง ๆ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้น ขึ้นอยู่กับเจตนาของผู้เขียนบทเรียนและเนื้อหาของบทเรียน

การนำเสนอวัตถุประสงค์จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนหากผู้ออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย คำนึงถึงหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

- ใช้คำสั้น ๆ และเข้าใจง่าย
- หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเข้าใจโดยทั่วไป
- ไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไป
- ผู้เรียนควรมีโอกาสทราบว่า จะนำความรู้จากบทเรียนไปใช้ได้อย่างไรบ้าง
- หากมีบทเรียนย่อยหลาย ๆ บทเรียน หลังการนำเสนอวัตถุประสงค์กว้าง ๆ แล้ว ควรจะตามด้วยเมนูของบทเรียนย่อยและต่อจากนั้นควรจะเป็นวัตถุประสงค์เฉพาะของแต่ละบทเรียนย่อย
 - การกำหนดให้วัตถุประสงค์ปรากฏบนหน้าจอทีละข้อ เป็นเทคนิคที่ดี แต่ควรกำหนดช่วงเวลาระหว่างวัตถุประสงค์แต่ละข้อให้เหมาะสม หรืออาจให้ผู้เรียนกดเมาส์หรือคีย์บอร์ดเพื่อดูวัตถุประสงค์ข้อต่อไปทีละข้อ
- ใช้กราฟิกง่าย ๆ เช่น กรอบ ลูกศร และรูปทรงเรขาคณิต เพื่อให้วัตถุประสงค์น่าสนใจ
- ใช้การตั้งคำถามแทนการนำเสนอวัตถุประสงค์ได้
- ในบางกรณีเราอาจออกแบบให้วัตถุประสงค์แต่ละข้อเป็นเมนูของบทเรียนได้

3. ทวนความรู้เดิม ในการสอนเนื้อหา ผู้ออกแบบโปรแกรมควรเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทบทวนความรู้ที่เคยเรียนมาแล้ว การทบทวนโดยการให้ผู้เรียนได้ย้อนคิดในสิ่งที่เคยรู้มาก่อนจะช่วยในการเรียนรู้สิ่งใหม่ การทบทวนความรู้เดิมไม่จำเป็นจะต้องเป็นการทดสอบเสมอไป หากเป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นเป็นชุดบทเรียนที่เรียนต่อ ๆ กันไปตามลำดับ อาจออกแบบโปรแกรมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนมาก่อนหน้านี้ด้วยคำพูด (คำอ่าน) หรือภาพหรือเป็นการผสมผสานกันแล้วแต่ความเหมาะสมจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับเนื้อหาด้วย เช่น ในการสอนสมการสองชั้นควรมีวิธีการวัดความรู้เดิมของผู้เรียนว่า มีความเข้าใจเพียงพอที่จะเรียนสมการสองชั้นหรือไม่ การทบทวนความรู้เดิมโดยการอธิบายหลักการสำคัญของสมการชั้นเดียว แล้วยกตัวอย่างประกอบ จะช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมสามารถประยุกต์หลักการมาใช้ในการเรียนสมการสองชั้นดีขึ้น

ผู้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีมติมีเดีย ควรคำนึงหลักเกณฑ์ในการออกแบบ เพื่อทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน ดังนี้

- ไม่ควรคาดเดาเอาว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานก่อนการศึกษาเนื้อหาใหม่เท่ากัน ควรมีการให้ความรู้หรือทดสอบ เพื่อเป็นการทบทวนให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับความรู้ใหม่
- การทบทวนหรือทดสอบควรกระชับหรือตรงจุด
- ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่ หรือออกจาก การทดสอบ เพื่อไปศึกษาทบทวนได้ตลอดเวลา
- หากไม่มีการทดสอบความรู้เดิม ผู้เขียนโปรแกรมควรหาทางกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่ศึกษาไปแล้ว หรือสิ่งที่ผู้เรียนมีประสบการณ์แล้ว
- การกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิด หากทำด้วยภาพประกอบคำพูด จะทำให้บทเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น

4. การเสนอเนื้อหาใหม่ เนื้อหาความรู้ที่นำเสนอควรมีการกลยุทธออกแบบวิธีการนำเสนอให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นอาจเสนอเป็นภาพ ข้อความ หรือคำอธิบาย ซึ่งในแต่ละกรอบไม่ควรมีมากเกินไป เพราะจะทำให้ผู้เรียนรู้สึกเบื่อที่ต้องนั่งอ่านเฉย ๆ โดยไม่ได้ทำอะไรเลย นอกจากกดเมาส์หรือคีย์บอร์ด นอกจากนี้การบรรจุข้อความมาก ๆ และเบียดเสียดกันยังทำให้อ่านยากอีกด้วย

ในการเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจ ผู้ออกแบบโปรแกรมควรต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

- ใช้ภาพประกอบการเสนอเนื้อหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ
- ใช้แผนภูมิ แผนภาพ ตารางสถิติ สัญลักษณ์ หรือภาพเปรียบเทียบ
- ในการเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ควรมีการเน้นในส่วนของคุณสมบัติที่สำคัญ ซึ่งอาจเป็นการขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี ฯลฯ หรือเป็นการชี้แนะด้วยคำพูด เช่น “ดูที่ด้านล่างของภาพ..” เป็นต้น
- ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา
- จัดรูปแบบของข้อความให้น่าอ่าน หากเนื้อหายาว ควรจัดแบ่งกลุ่มข้อความให้จบเป็นตอน ๆ
- ยกตัวอย่างที่เข้าใจง่าย และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
- หากการแสดงกราฟิกนั้นจะทำให้เข้าใจในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ควรเสนอเฉพาะกราฟิกที่จำเป็นเท่านั้น
- เฟรมการสอนปกติ ไม่ควรใช้สีหลักเกิน 3 สี ในแต่ละเฟรม (รวมทั้งสีพื้น) ไม่ควรเปลี่ยนสีไปมาโดยเฉพาะสีหลักของข้อความ
- คำที่ใช้ควรเป็นคำที่ผู้เรียนระดับนั้นๆ ชื่นชอบและเข้าใจตรงกัน

- ควรให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนสม่ำเสมอ แทนที่จะกดเมาส์หรือคีย์บอร์ดอย่างเดียว (เช่น บอกว่า “ลองพิมพ์ TREE ซิ” หลังจากพิมพ์แล้วกด Enter จะปรากฏภาพต้นไม้ หรือพิมพ์คำว่า Balloon แล้ว คำว่า Balloon ไปปรากฏอยู่ในลูกโป่งที่วาดไว้แล้ว เป็นต้น)

การเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ประกอบกับคำอธิบายสั้น ๆ ที่ง่ายและได้ใจความเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และมีความคงทนในการจำดีกว่าบทเรียนที่ใช้คำพูดหรือคำอ่านเพียงอย่างเดียว ภาพช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ บางเนื้อหาที่มีความยากในการที่จะคิดสร้างภาพประกอบ วิธีหนึ่งที่จะเสนอแนะ คือ “วิธีการสร้างภาพจากการวิเคราะห์ความหมาย” ตัวอย่างเช่น ในส่วนของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ “การกีดกันผิว” เราควรจะวิเคราะห์ความหมายของคำนี้ก่อนว่าหมายถึงอะไร และเกี่ยวข้องกับคำใดบ้าง คำว่า “กีดกันผิว” เกี่ยวข้องกับคำว่า “การแบ่งแยก” “การกีดกัน” และ “สีผิว” ขึ้นต่อไปคือ หากภาพ สิ่งของ หรือวัตถุอะไรก็ได้ที่คิดว่าผู้เรียนเข้าใจดี และมีความหมายแทนการแบ่งแยกหรือการกีดกันได้ เช่น ภาพของกำแพง รั้ว ตาข่าย หรือคนที่ยืนจิ่งเชือก ภาพการแตกแยกของดินหรือชั้นดิน นอกจากการใช้ภาพเปรียบเทียบ (Analogical picture) เพื่อช่วยอธิบายความหมายของนามธรรมดังกล่าวแล้ว การใช้แผนภูมิ แผนภาพ หรือตารางสถิติ ก็เป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบโปรแกรมควรต้องคำนึงถึงอยู่เสมอ

อย่างไรก็ดีการใช้ภาพประกอบการศึกษาเนื้อหาในส่วนนี้ อาจจะไม่ได้ผลเท่าที่ควรหากภาพประกอบนั้น

- มีรายละเอียดมากเกินไป
- ใช้เวลานานเกินไปในการปรากฏบนหน้าจอ
- ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา
- ไม่เหมาะสมในเรื่องเทคนิคการออกแบบ เช่น ไม่สมดุล ขนาดไม่พอเหมาะกับ

องค์ประกอบอื่น

- ไม่เหมาะสมกับวัยผู้เรียน

5. ชี้นำทางการเรียนรู้ ผู้เรียนจะเข้าใจและจำเนื้อหาได้ดี หากจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียน ทฤษฎีบางทฤษฎีได้กล่าวว่า วิธีเดียวที่จะทำให้การเรียนรู้มีความหมาย คือ การวิเคราะห์และตีความเนื้อหาใหม่ บนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิม

หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ในขั้นนี้คือ พยายามหาเทคนิคที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ และหาวิธีที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้นมีความกระจำจืดเท่าที่จะทำได้ เทคนิคการใช้ภาพเปรียบเทียบ เทคนิคการใช้ตัวอย่าง เช่น “ภาพนี้คือแก้ว” และเทคนิคการให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง เช่น “ภาพนี้ไม่ใช่แก้ว” อาจช่วยทำให้ผู้เรียนเปรียบเทียบ และเข้าใจความคิดรวบยอดต่าง ๆ ชัดเจนขึ้น

ในบางเนื้อหาผู้ออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย อาจใช้หลักของ “Guided Discovery” ซึ่งหมายถึงการพยายามให้ผู้เรียนค้นหาเหตุผล ค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง โดยผู้ออกแบบบทเรียนจะค่อย ๆ ชี้แนะจากจุดกว้าง ๆ และแคบลง จนผู้เรียนหาคำตอบได้เองและเช่นกัน เทคนิคการให้ตัวอย่าง และให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างช่วยได้ในขั้นนี้ นอกจากนั้นการใช้คำพูดกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ก็เป็นเทคนิคอีกประการหนึ่งที่น่าจะนำไปใช้

ข้อควรคำนึงถึงในการออกแบบ มีดังนี้

- แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาความรู้ และช่วยให้เห็นว่าส่วนย่อยนั้นมีความสัมพันธ์กับส่วนใหญ่อะไร
- แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาใหม่กับเนื้อหาที่ผู้เรียนมีความรู้หรือประสบการณ์มาแล้ว
- พยายามให้ตัวอย่างที่แตกต่างกันออกไป (เพื่อช่วยอธิบายความคิดรวบยอดใหม่ให้ชัดเจนขึ้น เช่น ตัวอย่างของถ้วยหลาย ๆ ชนิด หลาย ๆ ขนาด)
- ให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้อง (เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง เช่น ให้รูปภาพกระป๋องน้ำ ภาพจาน ภาพแก้วน้ำ และบอกว่าสิ่งของเหล่านี้ไม่ใช่ถ้วย เป็นต้น)
- การเสนอเนื้อหาที่ยาก ควรให้ตัวอย่างสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรม ถ้าเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากนัก ให้เสนอตัวอย่างที่เป็นนามธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นรูปธรรม
- กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้และประสบการณ์เดิม

6. กระตุ้นการตอบสนอง ทฤษฎีการเรียนรู้หลายทฤษฎีกล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อยนั้น เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับขั้นตอนของการประมวลผลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิด ร่วมทำกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหา การถาม และการตอบ ย่อมเข้าใจและเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนรู้โดยการอ่าน หรือการคัดลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว

คอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่น ๆ เช่น วิดิทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์ เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ ซึ่งจัดเป็นสื่อการสอนแบบไม่มีปฏิสัมพันธ์ (Non-interactive) การเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์นั้น ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้หลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการแสดงความคิดเห็น การเลือกกิจกรรม และการโต้ตอบกับเครื่อง การคิดนำหรือคิดตามย่อมมีส่วนผูกประสานให้โครงสร้างของการจำดีขึ้น ผู้ออกแบบบทเรียนจึงควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำในกิจกรรมขั้นตอนต่าง ๆ ตามคำแนะนำ ดังนี้

- พยายามให้ผู้เรียนได้ตอบสนองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ตลอดการเรียนบทเรียน
- ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบหรือข้อความสั้น ๆ เพื่อเรียกความสนใจบางครั้ง

บางคราวตามความเหมาะสม

- ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป
- ถามคำถามเป็นช่วง ๆ ตามความเหมาะสม
- ระวังความคิดและจินตนาการด้วยคำถาม
- ไม่ควรถามครั้งเดียวหลาย ๆ คำถาม หรือถามคำถามเดียวแต่ตอบได้หลายคำตอบ ถ้า

จำเป็นควรให้เลือกตอบตามตัวเลือก

- หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำ ๆ หลายครั้ง เมื่อผู้เรียนทำผิดซักครั้งหรือสองครั้งควรจะ

ให้ผลป้อนกลับ และเปลี่ยนทำกิจกรรมอย่างอื่นต่อไป

- การตอบสนองที่มีผิดพลาดบ้างด้วยความเข้าใจผิด เช่น การพิมพ์ตัว 1 กับเลข 1 การเว้นหรือไม่เว้นช่องว่างระหว่างคำ หรือบางครั้งใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ บางครั้งใช้ตัวพิมพ์เล็ก เหล่านี้ควรต้องได้รับการอนุโลม

- ควรจะแสดงการตอบสนองของผู้เรียนบนกรอบเดียวกับคำถาม และการให้ผลป้อนกลับควรจะอยู่บนกรอบเดียวกันด้วย

- ควรคิดหาวิธีการตอบสนองที่น่าสนใจและแตกต่างกันไปโดยเฉพาะบทเรียนสำหรับเด็ก

7. ให้ผลป้อนกลับ การวิจัยพบว่าบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย นั้นกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนมากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นท้าทายผู้เรียนโดยการบอกจุดหมายที่ชัดเจน การให้ผลป้อนกลับเป็นภาพเพื่อบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด จะช่วยเพิ่มความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าภาพนั้นเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ดี การให้ผลป้อนกลับเป็นภาพ มีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนต้องการดูว่าหากทำผิดมาก ๆ แล้วจะเกิดอะไรขึ้น ตัวอย่างเช่น การกดแคร่ยาวหรือตั้งใจตอบผิดไปเรื่อย ๆ โดยไม่สนใจเนื้อหา หรือคำถาม แต่เพื่อยากดูรูปคนถูกแขวนคอ วิธีการหลีกเลี่ยงก็คือ การให้ผลย้อนกลับที่เป็นภาพนี้ ควรเป็นภาพในทางบวก เช่น เรือแล่นเข้าหาฝั่ง ขัวยานตู้ดวงจันทร์ ฯลฯ และจะไปถึงจุดหมายได้ด้วยการตอบถูกเท่านั้น หากตอบผิดจะไม่เกิดอะไรขึ้น

หลักการให้ผลป้อนกลับ

1. ให้ข้อมูลป้อนกลับ ทันทีที่ผู้เรียนตอบสนอง
2. บอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด และถูกหรือผิดเพราะเหตุผลอะไร
3. แสดงคำถาม คำตอบ และผลป้อนกลับบนเฟรมเดียวกัน
4. ใช้ภาพเรียบง่ายและเกี่ยวข้องกับเนื้อหา
5. หลีกเลี่ยงผลทางภาพ (Visual Effect) หรือการให้ผลป้อนกลับที่ตื่นตาหากผู้เรียนทำผิด
6. อาจใช้กราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาได้ หากไม่สามารถหาภาพที่เกี่ยวข้องได้จริง ๆ
7. ใช้เสียงสูงสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง และเสียงต่ำ หรือไม่ใช้เลยหากคำตอบที่ผิด
8. ในช่วงของการเรียนรู้ ควรเฉลยคำตอบที่ถูก หลังจากผู้เรียนทำผิด 1-2 ครั้ง
9. ใช้การให้คะแนนหรือภาพเพื่อบอกความใกล้-ไกลจากเป้าหมาย

8. ทดสอบความรู้ บทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย จัดเป็นบทเรียนแบบโปรแกรม การทดสอบความรู้ใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียน และการทดสอบในช่วงท้ายของบทเรียน เป็นสิ่งจำเป็นการทดสอบดังกล่าวอาจเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเอง เป็นการทดสอบเพื่อเก็บคะแนน หรือเป็นการทดสอบเพื่อวัดว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์ต่ำสุด หรือเพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไปหรือไม่ อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ซึ่งการทดสอบดังกล่าวนอกจากจะเป็นการประเมินการเรียนรู้แล้ว ยังมีผลต่อการจําระยะยาวของผู้เรียนอีกด้วย ข้อสอบจึงควรถามเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ข้อแนะนำต่าง ๆ ในการออกแบบบทเรียนเพื่อทดสอบในขั้นนี้มีดังนี้

- ต้องแน่ใจว่าสิ่งที่ต้องการวัดนั้น ตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน
- ข้อทดสอบ คำตอบ และผลป้อนกลับ อยู่บนเฟรมเดียวกัน และขึ้นต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว
- หลีกเลี่ยงการให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป นอกเสียจากการทดสอบนั้นเป็นการทดสอบการพิมพ์
- ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ละคำถาม หากว่าใน 1 คำถามมีคำถามย่อยอยู่ด้วยให้แยกเป็นหลาย ๆ คำถาม

- แนะนำวิธีการตอบคำถาม เช่น ให้กด T ถ้าเห็นว่าถูก และกด F ถ้าเห็นว่าผิด เป็นต้น

- แนะนำผู้เรียนว่ามีตัวช่วยอย่างอื่นด้วย (ถ้ามี) ตัวอย่างเช่น HELP OPTION ที่อธิบายหลักการที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

- คำนึงถึงความถูกต้องแม่นยำ และความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ
- ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าการตอบไม่ชัดเจน เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวอักษร แต่ผู้เรียนพิมพ์ตัวเลข ควรจะบอกให้ผู้เรียนตอบใหม่ ไม่ใช่บอกว่าตอบผิด

- ไม่ควรทดสอบโดยใช้ข้อเขียนเพียงอย่างเดียว รูปแบบการทดสอบควรให้สอดคล้องกับเนื้อหาด้วย บางกรณีควรใช้ภาพประกอบการทดสอบอย่างเหมาะสม
- ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิดหากพิมพ์ผิดพลาด หรือเว้นบรรทัด หรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวใหญ่ เป็นต้น
- หากเป็นไปได้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการทดสอบให้คล้ายจริงมากที่สุด เช่น การข้ามไปทำข้ออื่นก่อน หรือการกลับมาแก้ไขคำตอบ เป็นต้น

9. การจำและนำไปใช้ ในการเตรียมการสอนสำหรับชั้นเรียนปกติ ตามข้อเสนอแนะของ Gagne นั้น ในขั้นสุด ท้ายนี้จะเป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักถามปัญหาก่อนจบบทเรียน ในขั้นนี้เองที่ผู้สอนจะได้แนะนำการนำความรู้ใหม่ไปใช้ หรืออาจจะแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ดังนั้นเมื่อประยุกต์หลักเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย มีข้อเสนอแนะที่ควรปฏิบัติดังนี้

- ให้ผู้เรียนทราบว่าความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้เดิม หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยแล้วอย่างไร
- ทบทวนแนวคิดที่สำคัญเพื่อเป็นการสรุป
- เสนอแนะสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจถูกนำไปใช้ประโยชน์
- บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่อง

เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกลำบากกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง ขั้นการสอน 9 ขั้นนี้ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไปเป็นลำดับตามที่เรียงไว้ และไม่จำเป็นว่าจะต้องมีครบทั้ง 9 ข้อ ใครจะออกแบบบทเรียนโดยใช้เทคนิคการนำเสนอแบบใด หรือครอบคลุมขั้นการสอนอย่างไร ขึ้นอยู่กับเทคนิคการนำเสนอและเนื้อหาของบทเรียนนั้น ๆ ด้วยการยึดถือขั้นการสอนทั้ง 9 ขั้นเป็นหลัก และในขณะเดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำกันจนน่าเบื่อ

ลักษณะการออกแบบบทเรียนดังกล่าวนี้ เป็นการออกแบบบทเรียนแบบ Tutorial อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบบทเรียนแบบอื่น เช่น Drills & Practices, Simulations และ Games ก็สามารถประยุกต์เทคนิคและข้อเสนอแนะที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นไปใช้ได้เช่นกัน

2.1.2 การออกแบบหน้าจอ

การออกแบบสื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาหรือมัลติมีเดีย คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย มีองค์ประกอบหลักของหน้าจอ 4 องค์ประกอบ คือ

1. องค์ประกอบด้านข้อความ
2. องค์ประกอบด้านภาพและกราฟิก
3. องค์ประกอบด้านเสียง
4. องค์ประกอบด้านการควบคุมหน้าจอ

2.1.2.1 องค์ประกอบด้านข้อความ

ข้อความ จัดเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญที่สุดในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การออกแบบข้อความที่ดี ผู้ออกแบบต้องคำนึงถึงองค์ประกอบย่อยหลายด้าน เช่น รูปแบบตัวอักษร ขนาดตัวอักษร ความหนาแน่นตัวอักษร สีของข้อความ และการจัดความสัมพันธ์ข้อความและภาพให้สอดคล้องกับองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ภาพ และกราฟิกบนหน้าจอ

1. รูปแบบและขนาดตัวอักษร การเลือกรูปแบบและขนาดของตัวอักษรที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงระดับของผู้เรียนเป็นหลัก กล่าวคือผู้เรียนที่จัดอยู่ในเกณฑ์กลุ่มผู้อ่านช้า (Poor reader) ขนาดของตัวอักษรต้องใหญ่กว่าผู้เรียนในกลุ่มที่อ่านคล่อง การใช้ตัวอักษรใหญ่เกินไปทำให้การอ่านช้าลงเนื่องจากการที่ผู้อ่านต้องกวาดสายตาไปไกล หากตัวอักษรมีขนาดเล็กเกินไปอาจทำให้ผู้เรียน แม้จะเป็นผู้ที่อ่านคล่อง ก็อาจทำให้การอ่าน และการทำความเข้าใจมีประสิทธิภาพน้อยลงได้ มีงานวิจัยเกี่ยวกับขนาดของตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พบว่าผู้อ่านจะใช้เวลาในการอ่านตัวอักษรตัวพิมพ์ภาษาไทยหรือภาษาต่าง ๆ ขนาด 80 ตัวอักษรต่อบรรทัดน้อยกว่า การอ่านตัวอักษรขนาด 40 ตัวอักษรต่อบรรทัด ในขณะที่ความเข้าใจจากการอ่านตัวอักษรทั้ง 2 ขนาดไม่แตกต่างกัน และขนาดของตัวอักษร (ภาษาอังกฤษ) กับการใช้ขนาดหัวเรื่องควรอยู่ระหว่าง 19-37 พอยต์ ในขณะที่ตัวหนังสือปกติมีขนาดประมาณ 12-19 พอยต์ ส่วนรูปแบบของตัวอักษรควรใช้ตัวที่อ่านง่าย แต่หากตัวอักษรที่ไม่ใช่ส่วนของเนื้อหาหลัก เช่น ตัวอักษร หัวเรื่องใหญ่ตัวอักษรประกอบการออกแบบหรือตัวอักษรพิเศษอื่น ๆ ผู้ออกแบบอาจใช้ตัวอักษรรูปแบบและขนาดต่าง ๆ กันออกไปได้ แต่ไม่ควรมีความหนาแน่นของตัวอักษรมากเกินไป รูปแบบและขนาดตัวอักษรจะมีความสัมพันธ์กับช่องว่างระหว่างบรรทัดและระหว่างคำด้วย ช่องว่างระหว่างบรรทัดที่เหมาะสมจะช่วยให้อ่านง่ายขึ้น แต่หากช่องว่างดังกล่าวมากเกินไปก็จะทำให้สูญเสียความต่อเนื่องของมโนทัศน์ หลักการทั่วไปคือช่องว่างระหว่างบรรทัดนอกจากจะมีขนาดเหมาะสมแล้ว ควรมีความสม่ำเสมอตลอดการนำเสนอด้วย

2. ความหนาแน่นของตัวอักษร ส่วนใหญ่จะรวมถึงความหนาแน่นขององค์ประกอบอื่นบนจอภาพ เข้าไปด้วย ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนจะชอบจอภาพที่มีความหนาแน่นปานกลางประมาณ 40% ของพื้นที่หน้าจอมากที่สุด และจะเลือกจอภาพที่มีความหนาแน่นสูงหรือประมาณ 50% ของพื้นที่หน้าจอมากกว่าจอภาพที่มีความหนาแน่นต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าในวิชาที่มีเนื้อหายาก ผู้เรียนจะชอบจอภาพที่มีความหนาแน่นต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าในวิชาที่มีเนื้อหายาก ผู้เรียนจะชอบจอภาพที่มีความหนาแน่นสูง เนื่องจากจอภาพที่มีความหนาแน่นขององค์ประกอบต่างๆ สูง จะมีข้อมูลที่ช่วยให้ความเข้าใจเนื้อหาและแนวคิดหลักต่าง ๆ ชัดเจนและต่อเนื่องขึ้น

3. สีข้อความ เป็นองค์ประกอบหน้าจอ ที่ช่วยกระตุ้นความน่าสนใจในการอ่าน สีเป็นตัวกระตุ้นประสาทการรับรู้ที่สำคัญ การใช้สีที่เหมาะสมจะช่วยให้อ่านง่ายและสบายตา การกำหนดสีข้อความต้องพิจารณาสีพื้นหลังประกอบเสมอ ซึ่งจะเรียกว่าคู่สี คู่สีบางคู่สามารถใช้ร่วมกันได้ บางคู่ไม่ควรนำมาใช้ร่วมกัน ผลงานวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ชอบคู่สีอักษรขาวหรือเหลืองบนพื้นน้ำเงิน อักษรเขียวบนพื้นดำ และอักษรดำบนพื้นเหลือง หากใช้พื้นเป็นสีเทา คู่สีที่ผู้เรียนชอบคือ สีฟ้า สีแดง สีม่วง และสีดำ สีที่ชอบน้อยคือสีส้ม สีม่วงแดง สีเขียว และสีแดง แม้งานวิจัยชิ้นนี้จะทำขึ้นในช่วงก่อนปี ค.ศ. 1991 ซึ่งขณะนั้นจอภาพสามารถแสดงได้เพียง 16 สี (ขณะนี้จอภาพแสดงได้เป็นล้านสี) แต่คู่สีหลัก ๆ ดังกล่าวยังคงสามารถใช้อ้างอิงในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้ หลักการออกแบบคู่สีที่ควรคำนึงถึงอีกประการหนึ่ง คือ ควรใช้พื้นหลังเป็นสีเข้มมากกว่าสีอ่อน เนื่องจากสีเข้มจะช่วยลดแสงสว่างจากจอภาพ ทำให้รู้สึกสบายตามากกว่าการใช้สีอ่อนเป็นพื้นหลัง ซึ่งระยะยาวจะช่วยลดความล้าของสายตา ในการอ่านจอภาพอันเนื่องมาจากความจ้าของสีพื้น



รูปที่ 2.3 แสดงคู่สีที่นักเรียนส่วนใหญ่ชอบ

ปัจจุบันการออกแบบสีพื้นหลังได้รับการพัฒนาไปมาก เนื่องจากประสิทธิภาพในการประมวลผลและการแสดงผลของคอมพิวเตอร์พัฒนาขึ้นเร็วมาก การออกแบบสื่อมัลติมีเดียทั่วไป ขณะนี้มีการออกแบบพื้นหลังให้มีพื้นผิวที่มีลวดลายมีมิติ และใช้เทคนิคในการออกแบบอย่างเต็มรูปแบบ ในการเลือกสีของตัวอักษรและขนาดของตัวอักษรที่เหมาะสม จึงควรพิจารณาอย่างถี่ถ้วน สีของตัวอักษร

ซึ่งมองดูชัดเจนบนพื้นสีหน้าจอบริเวณหนึ่ง อาจไม่เหมาะสมหรืออ่านยากบนพื้นสีหน้าจอเดียวกัน แต่คนละบริเวณกันเป็นไปได้

4. การวางรูปแบบข้อความ องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับข้อความบนจอภาพประการหนึ่ง คือ การวางรูปแบบข้อความ เทคนิคในการนำเสนอข้อความให้อ่านง่าย สวยงาม น่าสนใจ ทำให้หลายวิธีผู้ออกแบบสามารถนำเสนอข้อความทีละส่วน ทีละตอน หรือเสนอข้อความทั้งหมดในคราวเดียวกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับเทคนิคการนำเสนอที่เหมาะสม เช่น ในการนำเสนอเนื้อหาที่เป็น ขั้นตอนที่สำคัญ ต้องบรรจุอยู่ในจอภาพเดียวกัน ผู้ออกแบบอาจเสนอทีละขั้น โดยผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการนำเสนอ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจเนื้อหาข้อความดีกว่าการนำเสนอทั้งหมดพร้อมกัน อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเสนอข้อความทีละส่วนหรือพร้อมกันทั้งหมด โดยภาพรวมแล้ว การออกแบบหน้าจอจะต้องมีความเหมาะสมและน่าอ่าน ซึ่งเป็นหลักการออกแบบงานกราฟิก ทัวไป ที่ต้องคำนึงถึงรายละเอียดดังนี้

- ความสมดุลของหน้าจอโดยรวม (Balance) การเกลี่ยน้ำหนักขององค์ประกอบบนจอภาพ ซ้าย ขวา บน ล่าง อย่างเหมาะสมนี้ ผู้ออกแบบจะจัดให้มีความสมดุลแบบแบ่งครึ่งซ้ายขวาเท่ากัน หรือการจัดภาพหรือองค์ประกอบที่ซ้ายขวาไม่เท่ากัน แต่ดูแล้วสมดุลกันก็ได้ องค์ประกอบที่จะช่วยในการจัดสมดุลของจอภาพนี้ คือ รายละเอียดทุกอย่างที่เรามองเห็นในกรอบจอภาพ เช่น โทนสี ขนาดภาพ ตำแหน่งของภาพ/คำ ช่องว่าง กราฟิกประกอบหน้าจอ ปริมาณข้อความ ความแน่นของภาพ/ข้อความ และการให้แสงสี

- ความเรียบง่าย (Simplicity) เป็นสมบัติสำคัญของการออกแบบสื่อทุกประเภทซึ่งออกแบบได้ไม่ยาก แต่การออกแบบให้มีความเรียบง่ายและน่าสนใจด้วยนั้นทำได้ยากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การออกแบบข้อความ ปัจจุบันการออกแบบหน้าจอคอมพิวเตอร์จะมีองค์ประกอบของกราฟิกในรูปแบบต่าง ๆ กันเกี่ยวข้องด้วย เช่น ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวาด และอื่น ๆ โดยยังมีข้อความเป็นองค์ประกอบหลัก “ความเรียบง่าย” โดยทั่วไปจึงมักกล่าวโดยรวมซึ่งหมายถึง การออกแบบหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ผู้ออกแบบได้จัดผสมผสานองค์ประกอบร่วมต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดการสื่อสารระหว่างผู้เรียนและคอมพิวเตอร์อย่างมีระบบ อ่านง่าย เข้าใจง่าย และผู้เรียนได้รับความรู้หรือเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

2.1.2.2 องค์ประกอบด้านภาพและกราฟิก

เรามักจะได้ยินได้ฟังเสมอว่า “ภาพหนึ่งภาพมีคุณค่าเทียบได้กับคำพูดหนึ่งพันคำ” การออกแบบคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย หรือการออกแบบสื่อการสอนทุกประเภท ผู้ออกแบบจะพยายามใช้ภาพประกอบการอธิบายหรือข้อความเสมอ ซึ่งจะช่วยลดความแตกต่างของผู้เรียน เช่น เพศ ภูมิหลัง พื้นฐานวัฒนธรรม พื้นฐานด้านสังคม ฯลฯ ให้น้อยลง ช่วยให้ความเข้าใจของผู้เรียนเป็นไปในทิศทางเดียวกันมากขึ้น

ลักษณะของภาพและกราฟิกที่ใช้ประกอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ สามารถศึกษาและอธิบายได้ในภาพรวม หรืออาจแยกอธิบายตามลักษณะเฉพาะของภาพแต่ละประเภทได้ Dwyer ได้ศึกษาการรับรู้ภาพและคำของกลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก และมีข้อสรุปเกี่ยวกับการรับรู้จากภาพต่าง ๆ ซึ่งมีความเหมือนจริงต่างกันทั้งภาพสีและขาว-ดำ พบว่า ภาพสีเหมือนจริงให้การรับรู้ได้ดีที่สุด ในขณะที่ภาพขาว-ดำเหมือนจริง ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในกลุ่มขาว-ดำด้วยกัน ส่วนในกลุ่มภาพสี ภาพสีเหมือนจริงยังคงให้ประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้มากที่สุดเช่นกัน

นอกจากการศึกษาเกี่ยวกับความเหมือนจริงของภาพที่ส่งผลต่อการเรียนรู้แล้ว Dwyer ยังได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ การจำ และการระลึกได้ มีข้อสรุปดังแสดงในตารางด้านล่าง

การเรียนรู้	
1%	โดยการชิมรส
10%	โดยการสัมผัส
30%	โดยการดมกลิ่น
11%	โดยการได้ยิน
83%	โดยการมองเห็น

รูปที่ 2.4 การเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัส

การจำ	
10%	จากสิ่งที่เราอ่าน
20%	จากสิ่งที่ได้ยิน
30%	จากสิ่งที่ได้เห็น
50%	จากสิ่งที่ได้เห็นและได้ยิน
70%	จากสิ่งที่ได้พูด
90%	จากสิ่งที่ได้พูดและได้ทำ

รูปที่ 2.5 เราจำได้อย่างไร

วิธีสอน	ระลึกได้หลัง จากสอนแล้ว 3 ชม.	ระลึกได้ หลังจากสอน แล้ว 3 วัน
๙. บอกให้ทำ	70%	10%
๘. แสดงให้ดู	72%	20%
๗. บอกวิธีการ และแสดงให้ดู	85%	65%

รูปที่ 2.6 ผลของวิธีสอนที่มีต่อการระลึกได้ (Dwyer)

แม้การวิจัยจะยืนยันถึงประสิทธิภาพของการใช้ภาพประกอบการสอนว่า มีผลดีต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนก็ตาม แต่ผลงานวิจัยบางชิ้นไม่ได้สนับสนุนข้อสรุปดังกล่าว Dwyer กล่าวว่า มื่อนักประกอบภาพอีกหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ หรือภาพนั้น ๆ อาจมีความละเอียดของภาพ (ข้อมูล) มากเกินไปหรือน้อยเกินไป ข้อมูลในภาพที่น้อยเกินไปจะไม่ดึงดูดให้ผู้เรียนสนใจดูภาพ ข้อมูลในภาพที่มีมากเกินไปอาจทำให้ผู้เรียนเบื่อกว่าที่จะดู หรือค้นหาความสัมพันธ์กับข้อความที่ได้อ่านหรือได้ยิน ดังนั้น การเลือกภาพประกอบการสอน จึงมีความสำคัญต่อผู้เรียนอย่างยิ่ง นอกจากจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น มีความจำระยะยาวดีขึ้น และกลุ่มผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกันมากขึ้นแล้ว การใช้ภาพประกอบการสอนหรือการนำเสนอ ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ดังนี้

- ผู้เรียนมีความสนใจและตั้งใจที่จะศึกษามากขึ้น มีแรงจูงใจ เกิดความอยากรู้อยากเห็น และเกิดสมาธิในการเรียน

- ครูสามารถใช้ภาพเพื่อการตอบสนอง หรือให้ผลป้อนกลับได้อย่างดี
- ครูสามารถใช้ภาพเพื่อการสรุป การเสริมความรู้ การอภิปราย หรือการจัดความรู้ในส่วนที่เกี่ยวข้อง

- ครูสามารถใช้ภาพเพื่อเป็นรางวัล หรือเป็นภาพสะสม
- ครูใช้ภาพเพื่อกระตุ้นความคิด หาความสัมพันธ์เกี่ยวโยง
- ผู้เรียนได้เห็นในสิ่งที่หาดูได้ยาก หรือไม่มีโอกาสเห็นจากของจริงได้เลย
- การสอนหรือการอธิบายเนื้อหาหรือแนวคิดที่ซับซ้อน หรือเป็นนามธรรมง่ายขึ้น

ภาพที่เราใช้ประกอบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย มีหลายรูปแบบ ตั้งแต่ภาพถ่ายสีเหมือนจริงไปจนถึงภาพลายเส้นอย่างง่าย ลักษณะภาพดังกล่าวนี้ อาจรวมเรียกเป็นภาพกราฟิกได้ทั้งหมด (ยกเว้นภาพถ่ายสีและขาวดำ) และยังสามารถแบ่งกลุ่มภาพตามลักษณะอื่น ๆ ได้อีก เช่น ภาพนิ่ง (ภาพถ่าย ภาพวาด ภาพการ์ตูน ภาพลายเส้น ภาพสองมิติ ภาพสามมิติ) ภาพเคลื่อนไหว (การ์ตูนเคลื่อนไหว ภาพจากวิดีโอ ภาพจากภาพยนตร์ และภาพเคลื่อนไหวอื่น)

ด้วยพัฒนาการของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีโทรคมนาคม การใช้ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ มีความสะดวกรวดเร็วขึ้นมาก แม้จะเป็นการสื่อสารหรือการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายใด ๆ ก็ตาม ภาพลักษณะต่าง ๆ จึงถูกนำไปใช้ประกอบการสอนในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากขึ้น

นอกจากผู้เรียนได้เห็นภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว ประกอบการศึกษาเนื้อหาแล้ว ผู้ออกแบบบทเรียนได้ออกแบบให้ผู้เรียนสามารถควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ได้ตามความต้องการอีกด้วย ผู้ออกแบบได้กำหนดปุ่มควบคุมการแสดงผลภาพทั้งภาพหรือแม้กระทั่งการควบคุมข้อความ และการรับฟังเสียงบรรยายประกอบ อย่างไรก็ตามการออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนควบคุมกิจกรรมและเนื้อหา

ลักษณะนี้อาจมีข้อเสียอยู่บ้าง ทั้งนี้เพราะผู้เรียนอาจไม่สามารถเลือกดูภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกับเนื้อหาได้ถูกต้องเสมอไป

จากผลการวิจัยต่าง ๆ ได้สรุปเป็นหลักการใช้ภาพประกอบการสอนไว้ ดังนี้

- ควรเสนอภาพให้เป็นระเบียบ มีลำดับขั้นที่สอดคล้องกับเนื้อหาและดูง่าย
- ภาพที่ใช้ควรสอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย เนื้อหาและวัยของผู้เรียน
- หลีกเลี่ยงการใช้ภาพจำนวนมาก ๆ หรือภาพที่มีรายละเอียดมากหรือน้อยเกินไป
- ให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ภาพ
- ภาพ ๆ หนึ่งควรใช้เพื่อเสนอแนวคิดหลักแนวคิดเดียว
- ลักษณะของภาพต้องน่าสนใจ ชวนมอง และมีขนาดพอเหมาะกับหน้าจอ หรือ สภาพ

แวดล้อมอื่น ๆ

- ภาพควรมีความชัดเจน สว่างง่าย ๆ และมีความหมาย

นอกจากนี้ยังมีผลการวิจัยเกี่ยวกับภาพสรุปได้ดังนี้

- เด็ก ๆ จะชอบภาพประกอบทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวที่เป็นสีมากกว่าขาว-ดำ
- เด็กเล็กจะชอบภาพถ่ายที่เรียบง่าย มีรายละเอียดน้อย แต่เมื่อเด็กโตขึ้นจะต้องการ

รายละเอียดของภาพมากขึ้น

- เด็กชายและเด็กหญิงชอบภาพที่มีลักษณะเดียวกัน
- ผู้เรียนจะชอบภาพที่มีสีอ่อนลงตามวัยที่มากขึ้น
- ภาพที่นำเสนอควรเป็นภาพที่ผู้เรียนคุ้นเคย
- การใช้ภาพประกอบที่เหมาะสมจะช่วยให้การเรียนรู้ดีขึ้น
- การนำเสนอกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจะทำให้เกิดการเรียนรู้ และดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีกว่า

ผู้เรียนได้ดีกว่า

- การออกแบบหน้าจอไม่ควรมีการเสริมแต่งมากเกินไป เพราะจะเพิ่มเวลาในการเรียนมากขึ้น

2.1.2.3 องค์ประกอบด้านเสียง

การรับรู้ทางประสาทหูเป็นช่องทางสำคัญรองลงมาจากประสาทตา จากการวิจัยพบว่ามนุษย์เรียนรู้จากการได้ยิน 11% และจำได้จากการได้ยิน 20% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนรู้จากการมองเห็น ซึ่งพบว่า มนุษย์เรียนรู้จากการมองเห็น 83% และจำได้จากการมองเห็น 30% แล้ว จะเห็นว่าการเรียนรู้จากการได้ยินได้ฟังเพียงอย่างเดียว ยังมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการเรียนรู้และการจำจากการมองเห็นอยู่มาก แต่หากผู้สอนออกแบบการเรียนรู้ให้ผู้เรียนใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 2 ทาง การเรียนรู้

โดยการได้ยินและได้เห็นจะสูงถึง 94% และการจำได้จะเพิ่มเป็น 50% เมื่อเทียบกับช่องทางอื่น ๆ ที่เหลือ Dwyer [9]

ในอดีตการออกแบบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย มักจะพบกับอุปสรรคด้านความจำของระบบคอมพิวเตอร์และความเร็วในการแสดงผลช้า ทำให้นักออกแบบไม่สามารถใช้คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ได้อย่างเต็มที่ การออกแบบบนหน้าจอจะเป็นข้อความเป็นส่วนใหญ่ จะมีภาพประกอบบ้าง ก็เป็นภาพนิ่งและไม่ค่อยชัดเจน ส่วนเสียงที่ใช้ประกอบก็เป็นเสียงสั้น ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อตอบสนองหรือประกอบการนำเสนอไต่เต๋ล (Title) ปัจจุบันนี้การออกแบบ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย มีความคล่องตัวและยืดหยุ่นมากขึ้น ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้โปรแกรมต่างๆ ช่วยสร้างภาพและเสียงโดยไม่ต้องกังวลด้านหน่วยความจำและการแสดงผลมากนัก คำว่า Multimedia คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย อาจจะเลิกใช้ไปในที่สุด เพราะต่อไปนี้ คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ทุกเรื่อง คงต้องมีภาพเสียง และข้อความโดยอัตโนมัติอยู่แล้ว

รูปแบบของเสียงที่ใช้ประกอบบทเรียน โดยทั่วไปจะมีเสียงบรรยายหรือเสียงพูด (Speech/ Narration) เสียงเอฟเฟ็กต์ (Sound Effect) ซึ่งจะรวมถึงเสียงดนตรีประกอบการนำเสนอบทเรียน (Music Background) ด้วย

1. เสียงบรรยายหรือเสียงพูด เป็นรูปแบบเสียงที่พบเห็นในบทเรียนทั่วไป จุดเด่นจะอยู่ที่การเลือกเสียงให้สอดคล้องกับเนื้อหา สอดคล้องกับระดับผู้เรียน มีความชัดเจนและผู้บรรยายหรือผู้พูดมีลีลาการใช้ เน้นถ้อยคำที่น่าสนใจชวนติดตาม จุดเด่นดังกล่าวนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ จุดเด่นด้านคุณภาพเสียงและจุดเด่นด้านการออกแบบเสียง การออกแบบเสียงสำคัญอยู่ที่การเตรียมบทเสียง (Sound Script) ผู้ออกแบบบทเสียงจะต้องออกแบบการใช้ถ้อยคำให้สละสลวย สื่อความหมายกะทัดรัด ชูใจ มีจังหวะคล้องจองกับการนำเสนอภาพและข้อความหน้าจอและสอดคล้องกับผู้เรียน เทคนิคเพิ่มเติมคือ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกที่จะฟังเสียง หรือไม่ฟังเสียงบรรยายได้ รวมทั้งการออกแบบให้ผู้เรียนควบคุมความดังของเสียงได้สะดวก

ข้อบกพร่องของการออกแบบเสียงบรรยายในบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่พบเห็นบ่อยครั้ง คือ การให้ผู้บรรยายอ่านตามข้อความหน้าจอ ซึ่งดูเหมือนเป็นการอ่านให้ฟัง ลักษณะนี้มีผลเสียมากกว่าผลดี ผลเสียคือผู้เรียนจะสับสนระหว่างเสียงที่ได้ยินกับข้อความที่ตนกำลังอ่านอยู่ ผู้เรียนบางคนอ่านเร็วกว่าเสียงบรรยาย บางคนอ่านช้ากว่าเสียงบรรยาย การปรับความเร็วในการอ่านของผู้เรียนให้พอดีกับเสียงบรรยายทำได้ยาก ผู้เรียนจะมีความรู้สึกว้าวเสียงบรรยายรบกวนการอ่าน วิธีการแก้ไขทำได้

หลายวิธี เช่น การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคลิกปุ่มเพื่อฟังหรือปิดเสียงบรรยาย หรือการออกแบบให้มีเสียงบรรยายเฉพาะการสรุปความคิดรวบยอด หรือ การนำสู่การเรียนรู้ในส่วนเนื้อหาที่จำเป็นเท่านั้น

ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เสียงบรรยายประกอบการสอนเนื้อหา ซึ่งเสนอเป็นขั้นเป็นตอนมีความจำเป็นมาก การปรากฏของภาพ (ตัวเลขหรือข้อความสั้นๆ) ประกอบกับเสียงที่บอกที่มาที่ไป บอกกฎเกณฑ์ ฯลฯ จะช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจดีขึ้นและเร็วขึ้นกว่าการให้ผู้เรียนอ่านเอง การสอนลักษณะนี้ คำอธิบายที่ยาวและต่อเนื่องจะถูกตัดตอนออกเป็นเสียงประกอบการนำเสนอเป็นขั้น ๆ โดยข้อความที่ใช้ประกอบบนจอภาพ จะมีเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

2. เสียงเอฟเฟ็กต์ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเสียงประกอบภาพ จำแนกเป็น 2 ประเภทหลักคือ Synchronized sound ซึ่งเป็นเสียงหลักที่เกิดจากการกระทำ (Action) โดยตรงจากจอภาพ มักจะเป็นสัญญาณเสียงสั้น ๆ เช่น เสียงแก้วแตก ลูกโป่งแตก เคลื่อนย้ายสิ่งของ การลากเส้น การกระพริบ หรือ Highlight ภาพหรือตัวอักษร อีกประเภทหนึ่งคือ เสียงฉากหลัง (Background sound) เป็นเสียงที่ยาวนานกว่าเสียง Synchronized sound เป็นเสียงทำให้ผู้เรียนเกิดอารมณ์และความรู้สึกคล้อยตามเนื้อหาหรือภาพเหตุการณ์ที่ปรากฏบนหน้าจอ ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์นั้น ผู้ออกแบบจะใช้เสียงฉากหลังนี้ประกอบการเสนอหัวเรื่องหรือบทนำ เพื่อช่วยสร้างความน่าสนใจของบทเรียน และอาจใช้เสียงรูปแบบนี้นำเสนอเนื้อหาส่วนอื่นๆ ได้ด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าเห็นสมควรจะใช้อย่างไรในช่วงใดบ้าง

เนื่องจากสัญญาณเสียงแบบเสียงฉากหลัง ที่ยาวต่อเนื่อง และสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียนไม่ค่อยมีการสร้างขึ้นเองก็ทำได้ยาก ดังนั้นผู้ออกแบบบทเรียนทั่วไปมักใช้เสียงสัญญาณสั้น ๆ เหล่านี้จาก Audio clip ซึ่งหาได้ไม่ยากนัก หากต้องการเสียงที่มีความยาวมากก็ใช้วิธีสั่งให้เล่นวนซ้ำ ซึ่งช่วยทำให้โปรแกรมใช้เนื้อที่น้อยลงด้วย

3. สัญญาณเสียงดนตรี สามารถจัดรวมอยู่ในรูปแบบของเสียง Background แต่ในการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย หรือการนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์นั้น เสียงดนตรีจะไม่นิยมใช้เสียงที่ผลิตจากเครื่องดนตรีที่บันทึกเสียงผ่านอุปกรณ์ที่ต่อพ่วงกับระบบคอมพิวเตอร์โดยตรง เนื่องจากใช้หน่วยความจำมาก (เสียงที่บันทึกไว้จะเป็นสัญญาณดิจิทัลซึ่งมีรูปแบบเป็น Audio file) แต่จะนิยมใช้เสียงที่สร้างจากโปรแกรมสร้างเสียงดนตรีโดยเฉพาะ เสียงดนตรีดังกล่าวที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าเป็นเสียงในรูปแบบ MIDI (Music Instrument Digital Interface) ซึ่งราชบัณฑิตยสถานแปลความหมายว่า “มาตรฐานการประสานเครื่องดนตรีแบบดิจิทัล” การจัดหาเสียงดนตรีรูปแบบนี้อาจทำได้โดยใช้เสียงที่ผู้อื่นสร้างไว้ให้แล้วและไม่มีสิทธิ์ ซึ่งอาจจัดหาด้วยวิธีการดาวน์โหลดจากอินเทอร์เน็ต หรืออาจ

ใช้เพิ่มข้อมูลเสียงสำเร็จรูปซึ่งให้มาพร้อมกับผลิตภัณฑ์มัลติมีเดียที่เราจัดซื้อ นอกจากนี้ อาจว่าจ้างผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการใช้โปรแกรมสร้างเสียงเพลงมาช่วยแต่งเพลง ตามที่ต้องการได้ เพิ่มข้อมูลในระบบ MIDI นี้ จะไม่ใช่ข้อมูลสัญญาณเสียงดนตรีโดยตรง สัญญาณเสียงที่ได้ยินจะเกิดจากการสั่งการของโปรแกรม (โน้ตดนตรีที่สร้างขึ้น) ไปยังอุปกรณ์สร้างเสียงดนตรี (Sound card) เพื่อสร้างเสียงตามตัวโน้ต จึงใช้เนื้อที่น้อยมาก ซึ่งหากเปรียบเทียบเพิ่มเสียงดนตรีชนิด Audio file (บันทึกเสียงโดยตรงจากเครื่องดนตรี) กับเพิ่มเสียงในรูปแบบ MIDI แล้ว เนื้อที่ Audio file 1 นาทีสามารถนำมาใช้สร้างเสียงระบบ MIDI ได้หลายชั่วโมง

หลักการออกแบบเสียงประกอบบทเรียน คอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย

- ควรเลือกลักษณะเสียงให้เหมาะกับเนื้อเรื่องและระดับผู้เรียน
- ความยาวของเสียงควรสอดคล้องกับระยะเวลาการแสดงผลภาพหากเสียงนั้นเป็นเสียง

เอฟเฟ็กต์

- คุณภาพของเสียงไม่ว่าจะเป็นเสียงพูด เสียงบรรยาย หรือเสียงดนตรี ต้องชัดเจนถูกต้อง
- ผู้เรียนควรปรับความดังของเสียง และเลือกที่จะฟังหรือไม่ฟังเสียงบรรยายได้
- ไม่ควรใช้เสียงประกอบ เสียงเอฟเฟ็กต์หรือเสียงดนตรีจนมากเกินไป
- ไม่ควรเลือกรูปแบบเสียงที่ใช้หน่วยความจำมาก การถ่ายโอนเพิ่มเสียงที่ใหญ่อาจทำให้

การแสดงผลไม่เป็นไปตามที่ตั้งใจไว้

- การใช้เสียงเพื่อบอกหน้าที่ของปุ่ม หรือรายการให้เลือกต่าง ๆ ควรสั้นและกระชับ
- การใช้เสียงเป็นตัวป้อนกลับเมื่อตอบคำถามถูกหรือผิดนั้น เมื่อผู้เรียนตอบถูกควรใช้

เสียงสูงและเร้าใจ หากตอบผิดควรใช้เสียงสั้นและต่ำ หรืออาจแสดงว่าผิดด้วย คำพูดหรือเครื่องหมายผิดหรือรูปแบบอื่น ๆ ที่ผู้เรียนไม่ชอบ

- ไม่ควรบันทึกเสียงบรรยายและเสียงแบคกราวด์ซ้อนไว้ด้วยกัน เพราะหากการบันทึกมีความดัง-ค่อยไม่เหมาะสม การควบคุมความดังของเสียงหนึ่งจะส่งผลกระทบต่ออีกเสียงหนึ่ง

- ไม่ควรออกแบบให้มีเสียงอ่านข้อความที่เป็นเนื้อหา นอกจากมีวัตถุประสงค์เฉพาะ เช่น การสอนการอ่าน หรือการสอนเด็กเล็กด้วยข้อความสั้น ๆ

- การบันทึกเสียงอ่าน ผู้บันทึกเสียงควรต้องจดบันทึกสภาพแวดล้อม และการติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกให้ละเอียด ทั้งนี้เสียงจะได้ไม่ผิดเพี้ยนเมื่อมีการแก้ไขเสียงภายหลัง

- ควรมีความสม่ำเสมอในการใช้เสียงเอฟเฟ็กต์ประกอบการควบคุมกิจกรรมต่างๆ บนจอภาพเช่น เสียงที่ใช้ประกอบการเลือกปุ่มควบคุมเส้นทางเดินของโปรแกรม

- มีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ ดังนั้นผู้ออกแบบเสียงควรต้องนำบทเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง และควรต้องแก้ไขให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ก่อนนำไปใช้จริง

2.1.2.4 องค์ประกอบด้านการควบคุมหน้าจอ

การออกแบบจอภาพจะมีความเรียบง่ายหรือซับซ้อนมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายด้าน เช่น เนื้อเรื่อง สื่อประกอบเนื้อเรื่อง (ภาพ กราฟิก วิดีทัศน์ เสียง ฯลฯ) วิธีการนำเสนอเนื้อเรื่อง (เช่น มี Hypertext มีเมนูย่อย มีส่วนให้ความช่วยเหลือหรือ HELP ฯลฯ) องค์ประกอบเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับการออกแบบควบคุมหน้าจอเป็นอย่างมาก แนวคิดง่ายๆ ในการออกแบบปุ่มควบคุมหน้าจอ คือ จะต้องมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ สอดคล้องกับองค์ประกอบมัลติมีเดียที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษา และสอดคล้องกับหลักการออกแบบสื่อการสอนเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง

สรุป

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีหลายรูปแบบ เช่น แบบสอนเนื้อหา แบบฝึกหัดแบบสร้างสถานการณ์จำลอง และแบบแก้ปัญหา รูปแบบจะเป็นลักษณะใดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของบทเรียนเป็นสำคัญการออกแบบบทเรียนไม่ว่าจะเป็นบทเรียนรูปแบบใดจะมีหลักการที่คล้ายกัน คือ ต้องเป็นบทเรียนที่เอื้อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หรือฝึกปฏิบัติด้วยตนเองได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เทคนิคในการออกแบบจะเน้นการมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน การควบคุมแนวทาง และกิจกรรมการเรียนรู้ การติดตามความก้าวหน้า และการประเมินผลการเรียน เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้ต้องอาศัยแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ และทฤษฎีจิตวิทยาเข้ามาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และลักษณะของผู้เรียน ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม และทฤษฎีปัญญานิยม ได้รับการยอมรับจากนักออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ แต่ขณะเดียวกัน การประยุกต์ใช้ทฤษฎีวิษณุกรรมนิยม (Constructivism) ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองกำลังเป็นที่สนใจของนักออกแบบบทเรียนเช่นกัน

เทคนิคการออกแบบบทเรียนมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบการสอน และการออกแบบหน้าจอ การออกแบบการสอนจะเน้นเทคนิคและขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบทเรียน ส่วนการออกแบบหน้านั้น จะเน้นการออกแบบองค์ประกอบหน้าจอไม่น่าสนใจเป็นหลัก

2.2 หลักการและขั้นตอนของการออกแบบ

ในการออกแบบนอกจากจะต้องมีความชัดเจน ยังต้องตอบสนองจุดประสงค์อันเกี่ยวข้องกับความสะดวก อันที่จะสร้างความอยากเห็น อยากรู้ ความรู้สึกตื่นเต้น ตลกขบขัน หรือสร้างความพิศวง

2.2.1 หลักการออกแบบ ควรจะต้องคำนึงถึง คือ

- ความมีเอกภาพ
- ความกลมกลืน
- ความมีส่วนที่สวยงาม
- ความมีสมดุล
- ความมีจุดเด่น

2.2.1.1 เอกภาพ (Unity)

เอกภาพ (Unity) เป็นการจัดวางองค์ประกอบให้มีการรวมตัวเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน โดยไม่แตกแยก กระจาย งานออกแบบที่ขาดเอกภาพจะทำให้ผู้ดูเกิดความรู้สึกแตกแยกและไม่น่าสนใจ การสร้างเอกภาพให้เกิดขึ้นกับงานออกแบบ สามารถที่จะกระทำได้ 3 วิธี ดังนี้

1. สร้างความใกล้ชิดให้กับองค์ประกอบ (Proximity) วิธีที่ง่ายที่สุด คือ การจัดองค์ประกอบที่มีอยู่ให้สอดคล้องกัน แต่องค์ประกอบจะขาดส่วนหนึ่งไปไม่ได้ การวางองค์ประกอบให้ใกล้ชิดกันจะทำให้ผู้ชมงานรู้สึกได้ว่า องค์ประกอบต่างๆ เป็นพวกเดียวกัน เกิดภาพรวมที่มีเอกภาพ
2. สร้างความซ้ำกันขององค์ประกอบ (Repetition) การจัดองค์ประกอบให้มีการซ้ำกันไปเรื่อยๆ ไม่ว่าจะเป็นเส้น จุด สี หรือลักษณะของผิวสัมผัส ฯลฯ ทำให้ผู้ชมงานรู้สึกถึงความเป็นพวกพ้องเดียวกัน
3. สร้างความต่อเนื่องขององค์ประกอบ (Continuation) ความต่อเนื่องจะมาจากเส้น ซึ่งนำสายตาของผู้ชมงานให้เดินตามทิศทางตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ เมื่อได้มองภาพที่มีองค์ประกอบไหลต่อเนื่องกัน ทำให้กระบวนการรับรู้ต่อเนื่องเป็นเรื่องเดียวกันและอย่างเป็นลำดับขั้น ซึ่งทั้งหมดทำให้เกิดภาพรวมที่มีเอกภาพขึ้น

2.2.1.2 การเน้นจุดแห่งความสนใจ (Emphasis)

เป็นการสร้างจุดแห่งความสนใจ (Center of Interest) ให้เกิดขึ้นในงานออกแบบงานกราฟิกที่ดี จำเป็นต้องกำหนดบริเวณภาพที่เหมาะสม ให้มีลักษณะพิเศษกว่าบริเวณอื่น เพื่อใช้ดึงดูดใจผู้ดู งานออกแบบที่ขาดการเน้นจะไม่สามารถหยุดผู้ดูให้สนใจงานออกแบบได้ เช่น ในคืนเดือนมืดซึ่งมีแต่ดวงดาวกระจายเต็มท้องฟ้า ย่อมไม่มีเสน่ห์ที่ชวนให้ผู้ดูสนใจเหมือนกันท้องฟ้าในคืนเดือนหงาย ซึ่ง

มีดวงจันทร์เป็นจุดสนใจ โดยมีหมอกและก้อนเมฆ เป็นองค์ประกอบรอง การเน้นจุดสนใจสามารถกระทำได้หลายลักษณะ ดังนี้

1. การเน้นที่ขนาดของจุดแห่งความสนใจ ผู้ออกแบบสามารถสร้างจุดสนใจให้มีขนาดใหญ่เป็นพิเศษกว่าองค์ประกอบบริเวณอื่น
2. การเน้นรูปร่างของจุดแห่งความสนใจ ผู้ออกแบบควรสร้างรูปร่างของจุดแห่งความสนใจให้มีลักษณะแปลกกว่าบริเวณอื่น
3. การเน้นที่สีของจุดแห่งความสนใจ ผู้ออกแบบสามารถใช้สีในลักษณะตรงข้ามในบริเวณที่เป็นจุดแห่งความสนใจ ตัวอย่างเช่น ภาพส่วนใหญ่ ใช้สีวรรณะเย็น แต่ตรงบริเวณที่ต้องการให้เป็นจุดแห่งความสนใจอาจใช้สีวรรณะร้อน 20% ของพื้นที่ ซึ่งจะทำให้บริเวณดังกล่าวเกิดความน่าสนใจได้
4. การเน้นโดยน้ำหนักรูปภาพจุดแห่งความสนใจ ผู้ออกแบบสามารถใช้น้ำหนักของภาพสำหรับการเน้นจุดแห่งความสนใจ เช่น บริเวณพื้นที่ส่วนใหญ่ มีน้ำหนักอ่อน ควรเน้นจุดแห่งความสนใจโดยใช้น้ำหนักเข้ม
5. การเน้นโดยใช้เส้นชักนำสายตา ได้แก่ เส้นตามหลักทัศนียภาพ (Perspective) เช่น ทางเดิน แนวเสาไฟฟ้า แนวต้นไม้ ลูกศร เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะช่วยเน้นให้ผู้ดูเกิดความสนใจบริเวณเส้นชักนำสายตาได้

การกำหนดจุดแห่งความสนใจนั้น ควรให้มีเพียงจุดเดียวในภาพ การที่จะอยู่บริเวณใดในภาพนั้นไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว แต่ไม่ควรอยู่บริเวณกึ่งกลางภาพและในบริเวณที่ขีดขอบภาพมากเกินไป มีวิธีกำหนดจุดแห่งความสนใจอย่างง่ายโดยใช้เทคนิคแบ่งสาม ซึ่งจะทำให้เกิดตำแหน่งจุดแห่งความสนใจ 4 จุดในภาพ ผู้ออกแบบสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสม

2.2.1.3 ที่ว่างในงานออกแบบ (Spacing)

1. ภาพและพื้นภาพ (Figure & Background) ในการมองภาพ สมองเราจะสั่งงานให้รับรู้ความสำคัญขององค์ประกอบในภาพต่างๆ กันไป เรามองเห็นสิ่งที่เป็นองค์ประกอบหลักที่ถูกเน้นเด่นกว่าเป็นตัวงานเป็นตัวภาพ (Figure) ส่วนที่ว่างๆ รอบภาพ หรือองค์ประกอบที่เหลือนั้นจะกลายเป็นพื้นภาพ (Background) ไปโดยอัตโนมัติ อาจกล่าวได้ว่า ภาพเป็นตัวหลัก พื้นภาพเป็นตัวรอง
2. พื้นที่ของภาพและพื้นภาพ (Positive & Negative Space) งานออกแบบกราฟิกที่ดี ต้องมีความสัมพันธ์ของภาพและพื้นภาพที่ดี พื้นภาพในงานเป็นเสมือนพระรองที่คอยส่งเสริมตัวภาพหรือพระเอกให้ดูโดดเด่นมากกว่า ซึ่งการส่งเสริมกันนั้นก็ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของพื้นที่ว่างๆ รอบภาพ หรือที่เรียกว่า Positive & Negative Space เป็นสำคัญ

2.2.1.4 ความสมดุล (Balance)

ในการจัดองค์ประกอบศิลป์ ความสมดุล หมายถึง การกำหนดและจัดวางองค์ประกอบมูลฐานให้มีน้ำหนักและขนาดในสัดส่วนที่เท่าๆ กัน ทั้งสองข้างงานออกแบบที่ขาดสมดุลจะทำให้เกิดความรู้สึกไม่มั่นคง ภาพที่วางองค์ประกอบหนักไปทางซ้ายหรือขวาหนึ่ง ผู้ดูจะเกิดความรู้สึกว่าภาพนั้นเอียงได้ การสร้างความสมดุลให้เกิดขึ้นในงานออกแบบ สามารถกระทำได้ 2 แบบ ได้แก่

1. สมดุลแบบสมมาตร (Symmetrical or formal balance) หมายถึง การจัดภาพโดยวางองค์ประกอบให้ซ้ายและขวามีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ตัวอย่างเช่น ลักษณะใบหน้าคน ลักษณะลายผีเสื้อ ลักษณะสถาปัตยกรรม ส่วนใหญ่ซึ่งเมื่อแบ่งงานดังกล่าวออกเป็น 2 ซีก จะมีองค์ประกอบที่เหมือนกันอย่างแท้จริง สมดุลในลักษณะนี้จะให้ความรู้สึกที่เคร่งครัดเป็นระเบียบ มีความน่าเคารพศรัทธาแก่ผู้พบเห็น

2. สมดุลแบบอสมมาตร (Asymmetrical or formal balance) หมายถึง การจัดองค์ประกอบเพื่อให้ผู้ดูเกิดความรู้สึกว่าองค์ประกอบในซ้ายและขวามีปริมาณที่เท่าๆ กัน แม้ว่าลักษณะที่แท้จริงจะเหมือนกันก็ตาม สมดุลในลักษณะนี้จะให้ความรู้สึกที่เป็นอิสระไม่เคร่งครัด และถ้าวางองค์ประกอบในทิศทางที่แย้งกันจะทำให้เกิดความเคลื่อนไหวในภาพ

3. สมดุลรัศมี (Radial) หมายถึง เป็นการจัดองค์ประกอบโดยให้มีการกระจายหรือการรวมตัวที่จุดศูนย์กลาง นิยมใช้ในการออกแบบลวดลายต่างๆ อาทิ ลายดาวเพดาน และเครื่องหมายการค้า

2.2.1.5 จังหวะ (Rhythm)

ลักษณะของจังหวะในการจัดภาพ ได้แก่ การวางองค์ประกอบมูลฐานให้มีระยะตำแหน่งขององค์ประกอบเป็นช่วงๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดความรู้สึกที่เคลื่อนไหวต่อเนื่อง และความมีทิศทางแก่ผู้ดู จังหวะในงานออกแบบ แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

1. จังหวะชนิดซ้ำ เป็นการกำหนดให้องค์ประกอบที่เหมือนกัน มีช่วงระยะเท่าๆ กัน โดยให้ความรู้สึกที่ต่อเนื่อง นิยมใช้กับการออกแบบลวดลายที่มีลักษณะซ้ำ เช่น การออกแบบลวดลายผ้า ลวดลายกระดาษปิดผนัง เป็นต้น

2. จังหวะชนิดช่วงระยะที่เป็นแบบแผนคงที่ เป็นการวางจังหวะให้มีจังหวะลดหลั่น เป็นช่วงระยะอย่างคงที่

3. จังหวะชนิดช่วงระยะไม่คงที่ เป็นการวางองค์ประกอบให้จังหวะที่อิสระไม่คงที่ โดยให้ความรู้สึกที่เป็นการเคลื่อนไหวอย่างอิสระแก่ผู้ดู

2.2.2 การออกแบบมัลติมีเดีย (Multimedia Design Step)

Kevin kruse [10] กล่าวว่า การออกแบบมัลติมีเดีย มีการพัฒนารูปแบบหรือโมเดลการออกแบบขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีความแตกต่างกันในบ้างส่วนของรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ส่วนสาระหลักจะคล้ายคลึงกัน เนื่องจากโมเดลการออกแบบมัลติมีเดียส่วนใหญ่มาจากวิธีการระบบ (System Approach) แทบทั้งสิ้น ประกอบด้วย (ADDIE Model) ขั้นตอนที่สำคัญ 5 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ (Analysis)
2. การออกแบบ (Design)
3. การพัฒนา (Development)
4. การนำไปใช้ (Implementation)
5. การประเมินผล (Evaluate)

2.3 การประเมินคุณภาพสื่อ

สรกฤษ มณีวรรณ [6] กล่าวถึงข้อควรพิจารณาในการสร้างแบบประเมินคอร์สแวร์ หรือ โปรแกรมสำเร็จรูปทางการศึกษา ว่าควรมีข้อพิจารณา ดังนี้

1. มีเอกสารสิ่งพิมพ์และคู่มือประกอบโปรแกรมหรือไม่
2. โปรแกรมนั้นทำงานเรียบร้อยดี มีข้อผิดพลาดในการทำงานหรือไม่
3. โปรแกรมใช้งานได้ง่าย ปฏิบัติตามได้หรือไม่
4. กิจกรรมโปรแกรมเหมาะสมกับการเรียนหรือไม่

เวอร์เชอ และคณะ [9] ได้ให้ความหมายของการประเมินผลว่าเป็นการพิจารณาหรือกำหนดคุณค่าเพื่อตรวจสอบหรือเพื่อตัดสินใจ และยังได้อธิบายการประเมินโครงการว่าเป็นวิธีการสืบค้นตัดสินใจเพื่อ

ก. พิจารณามาตรฐาน หรือเกณฑ์สำหรับตัดสินคุณภาพ และพิจารณาว่าเกณฑ์ดังกล่าวควรเป็นเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องหรือไม่

ข. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ค. ใช้เกณฑ์มาตรฐานเพื่อตัดสินคุณค่า คุณภาพ คุณประโยชน์ หรือคุณประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องตามวัตถุประสงค์

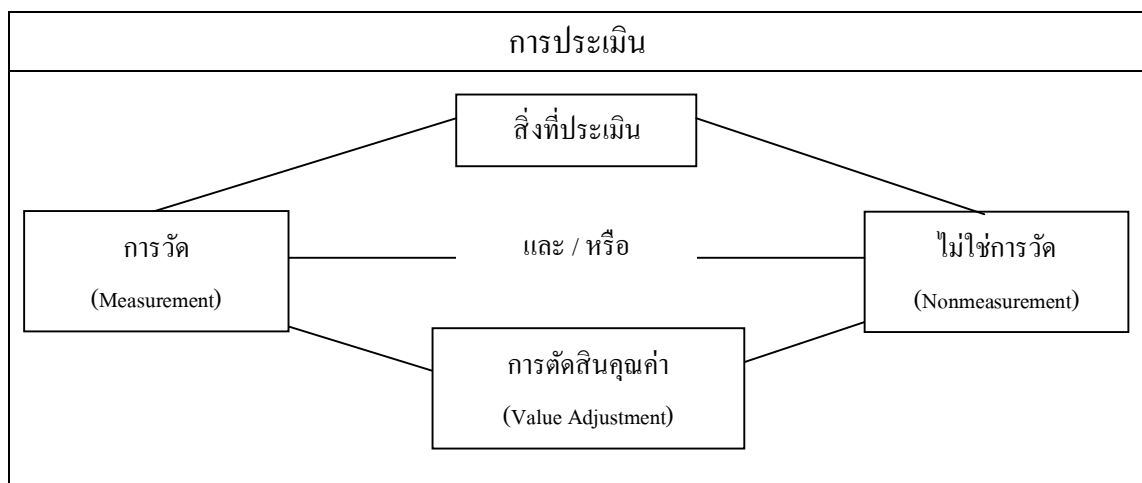
สครีเวน [12] ได้อธิบายว่า “การประเมินผล” เป็นการตัดสินคุณค่าของบางสิ่งบางอย่าง โดยสรุปแล้ว “การประเมินผล” เป็นการตัดสินคุณค่าของสิ่งที่ต้องการศึกษา โดยอาศัยข้อมูลเปรียบเทียบกับเกณฑ์

โสภภาพรณ แสงศัพท์ [3] เรามักได้ยินคำหลายคำที่เกี่ยวข้องกับการประเมินเช่น “การวัด” “การประเมินผล” และ “การประเมิน” เป็นต้น

การวัด (Measurement) เป็นกระบวนการกำหนดระดับขั้นของลักษณะเฉพาะของคน คุณภาพ และ สิ่งของตามเกณฑ์ที่ระบุหรือเทียบเป็นตัวเลข การวัดมีจุดมุ่งหมาย มีเครื่องมือและการแปลผล

การประเมินผล (Evaluation) เป็นกระบวนการตัดสินคุณค่าจากข้อมูลที่รวบรวมได้จากการวัด โดยมี เกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ การประเมินผลดังกล่าวนี้ไม่เหมาะสมกับการใช้กับบุคคล เพราะเรา ไม่สามารถจะหาเกณฑ์ที่เชื่อถือได้มาวัดว่าใครมีคุณภาพมาก-น้อยขนาดไหน ดี-เลวอย่างไร ส่วนมาก เราจึงใช้การประเมินผลกับงานลักษณะที่เป็นโครงการ หลักสูตรและเครื่องมือ เป็นต้น

การประเมิน (Assessment) หมายถึงกระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การวัดไปสู่การตัดสินคุณค่าที่ได้วัดจาก เกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้



รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งที่ประเมิน การวัดและการตัดสินคุณค่า

การประเมินบทเรียนมัลติมีเดีย นั้น โดยทั่วไปหมายถึง การตรวจสอบบทเรียนเกี่ยวกับคุณภาพของ องค์ประกอบต่าง ๆ อย่างมีระบบว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้มากน้อยเพียงใด ดังนั้นการประเมิน บทเรียนมัลติมีเดีย จึงดูเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของบทเรียนเป็นหลัก อย่างไรก็ตามผู้ประเมินที่มี บทบาทหน้าที่ต่างกันจะกำหนดวิธีการประเมินต่างกันบ้าง ผู้ออกแบบบทเรียนมีหน้าที่ที่จะต้องพัฒนา บทเรียนให้เป็นสื่อที่มีคุณภาพ น่าสนใจ มีกิจกรรมที่สอดคล้องกับเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของ บทเรียน การประเมินจะเน้นที่กระบวนการการพัฒนาโดยการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย และ การแก้ไขเพื่อให้ได้บทเรียนที่มีประสิทธิภาพสูงสุดก่อนนำไปเผยแพร่ ในขณะที่บทบาทของผู้บริโภค หรือผู้นำบทเรียน ไปใช้เช่นครูหรือผู้ที่มีหน้าที่ในการจัดหาและประเมินซอฟต์แวร์ จะเน้นการ

ประเมินในแง่ของคุณภาพโดยรวม การนำไปประยุกต์ใช้กับหลักสูตร รูปแบบการนำไปใช้สอน ราคา และความคุ้มค่าและสื่อที่ต้องใช้ร่วมกับบทเรียน เป็นต้น

เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์มีพื้นฐานด้านการพัฒนามาจากแนวคิดของเครื่องช่วยสอน (Teaching Machines) และรูปแบบการพัฒนาบทเรียนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องช่วยสอนและบทเรียนแบบโปรแกรมว่ามีคุณภาพยอมรับได้มากน้อยขนาดไหนก็โดยการหาประสิทธิภาพของบทเรียนซึ่งมีกระบวนการเป็นขั้นเป็นตอนที่ชัดเจน กระบวนการดังกล่าวเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์เนื้อหา การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ การสร้างข้อสอบเพื่อวัดว่าผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์แต่ละข้อ การตรวจสอบกระบวนการและขั้นตอนการออกแบบเนื้อหา การออกแบบการสอน และการทดสอบความรู้หลังจากเรียนเนื้อหาจบแล้ว การหาประสิทธิภาพดังกล่าวนิยมเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ เช่น หากเป็นเนื้อหาที่มีความยาก ผู้ออกแบบบทเรียนจะตั้งไว้ประมาณ 80/80 ซึ่ง “80” ตัวแรก หมายถึงนักเรียนอย่างน้อย 80% ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนแต่ละข้อถูกต้อง ตัวอย่างเช่น

ข้อสอบข้อที่ 1. มีนักเรียนตอบถูก 80 คน จาก 100 คน

ข้อสอบข้อที่ 2. มีนักเรียนตอบถูก 85 คน จาก 100 คน

ข้อสอบข้อที่ 3. มีนักเรียนตอบถูก 78 คน จาก 100 คน

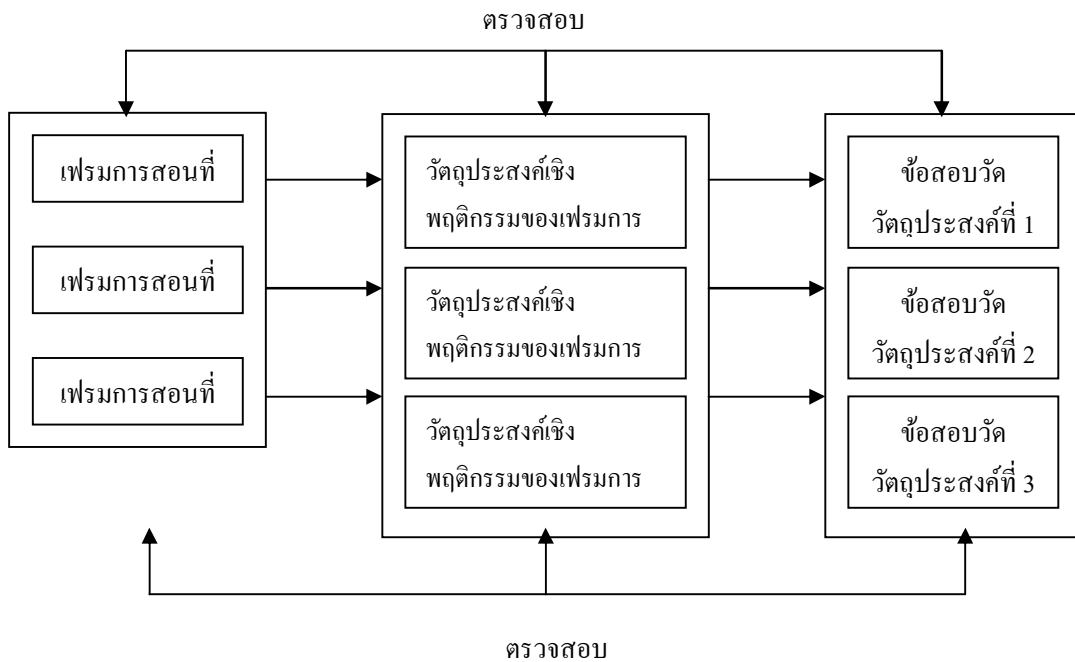
จากตัวอย่างข้างต้นแสดงว่า ข้อสอบข้อที่ 1 และ 2 ผ่านเกณฑ์ “80” ที่ตั้งไว้ ส่วนข้อสอบข้อที่ 3 ได้ 78 แสดงว่ายังไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้ออกแบบจะต้องปรับปรุงแก้ไข โดยการปรับปรุงดังกล่าวนี้ผู้ออกแบบจะต้องให้ความสนใจทุกด้าน ตั้งแต่ความเหมาะสมของเนื้อหา อาจพิจารณาอีกครั้งว่าเนื้อหายากไปหรือไม่ ให้เนื้อหาเพียงพอหรือไม่ วัตถุประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหาหรือไม่ ข้อสอบวัดตรงตามที่ต้องการจะวัดหรือไม่ การใช้ภาษาของเฟรมสอนเป็นอย่างไร การเขียนข้อสอบกำกวมหรือชัดเจนมากน้อยขนาดไหน ตัวเลือก (คำตอบ) มีข้อที่ถูกต้องชัดเจนมาก-น้อยขนาดไหน ตัวลวงเป็นอย่างไร ซึ่งจากการย้อนกลับเพื่อดูความบกพร่องของการออกแบบการสอนนี้ จะทำให้ผู้ออกแบบเห็นประเด็นข้อบกพร่องต่าง ๆ หลังจากแก้ไขแล้วจึงนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพอีกครั้ง

“80” ตัวหลังนั้น หมายถึงผู้เรียน 80 % สอบผ่านข้อสอบที่ผู้ออกแบบเตรียมไว้เพื่อวัดผลการเรียน หลังจากจบบทเรียน (Post-test) ข้อสอบที่ใช้วัดผลการเรียนนี้เป็นข้อสอบที่พัฒนาและปรับปรุงมาจากวัตถุประสงค์ของบทเรียนเช่นเดียวกับข้อสอบระหว่างการศึกษาบทเรียน ในบางครั้งผู้ออกแบบอาจพัฒนามาจากข้อสอบที่ใช้เป็นแบบฝึกหัดระหว่างศึกษาบทเรียนก็ได้ แต่ควรปรับปรุงคำถามและคำตอบใหม่เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบคู่ขนาน

ดังที่ได้กล่าวไว้ว่าเกณฑ์ 80/80 นี้มักจะใช้หาประสิทธิภาพของบทเรียนที่มีความยากหรือเนื้อหาที่มีความซับซ้อน หรือเป็นบทเรียนที่อาจต้องประยุกต์กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในการตอบคำถาม เช่น เนื้อหาด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และภาษาศาสตร์เป็นต้น หากเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างง่ายไม่ซับซ้อน เป็นเนื้อหาที่เน้นความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ผู้ออกแบบมักตั้งเกณฑ์การหาประสิทธิภาพบทเรียนไว้ที่ 90/90 เป็นเกณฑ์ที่นักออกแบบบทเรียนนิยมตั้งเป็นเกณฑ์มาตรฐานในการหาประสิทธิภาพ แต่ในบางครั้งเราจะพบว่าผู้ตั้งเกณฑ์ต่ำกว่า 80/80 หากพิจารณาถึงเกณฑ์ที่ทั่วไปแล้ว จะต่ำเกินไปและควรที่จะต้องได้รับการปรับปรุง ในการตรวจสอบและปรับปรุงบทเรียนให้ได้ตามเกณฑ์นั้น ผู้ออกแบบควรพิจารณาเริ่มจากข้อคำถามเป็นหลัก ว่าเปอร์เซ็นต์ของผู้ตอบถูก-ตอบผิดในแต่ละตัวเลือก (Choice) สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ทางสถิติหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น แทนที่ผู้เรียนส่วนมากจะเลือกตอบคำถามที่ถูก แต่กลับไปเลือกคำตอบที่ผิดเป็นส่วนมาก อย่างนี้แสดงว่า

- 1) อาจมีปัญหาคำถามที่คุณภาพการสร้างข้อสอบ หรือ
- 2) อาจมีปัญหาคำถามที่เนื้อหาการสอนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้ออกแบบก็ต้องกลับไปพิจารณาและหาทางปรับแก้ให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

รูปด้านล่างจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการสร้างข้อสอบเพื่อวัดความก้าวหน้าในการเรียน โดยข้อสอบทุกข้อสอบจะออกแบบตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ซึ่งวัตถุประสงค์นั้นๆ ก็พัฒนามาจากเฟรมเนื้อหาที่ได้รับการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพของบทเรียนให้ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้นั้น ผู้ออกแบบจะพิจารณาความสัมพันธ์ของโครงสร้างนี้เป็นหลักว่าควรปรับแก้ในช่วงไหน อย่างไร



รูปที่ 2.8 ภาพแสดงความสัมพันธ์ของการออกแบบเฟรม การกำหนดวัตถุประสงค์
การสร้างข้อสอบ และการตรวจสอบคุณภาพบทเรียน

อย่างไรก็ตามอาจมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น การออกแบบการสอน (Instructional Design) และการออกแบบหน้าจอ (Screen Design) ซึ่งผู้ออกแบบอาจได้ข้อมูลจากการสอบถามผู้รับการทดลองเป็นกลุ่มเล็กหรืออาจสอบถามเป็นรายบุคคลก็ได้

ในการออกแบบบทเรียนเพื่อใช้ในการสอนหรือฝึกอบรมของภาครัฐและเอกชนนั้น กระบวนการในการพัฒนาอาจไม่สมบูรณ์มากนัก เนื่องจากเวลาและงบประมาณที่จำกัด

Briggs & Wager [13] และ Gegne' and Briggs [8] นักออกแบบการสอนและนักวิชาการต่างก็เห็นสอดคล้องกันว่าการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียน CAI ได้นั้นควรต้องมี 2 ด้านคือ ประเมินกระบวนการพัฒนา (Formative Evaluation) และประเมินผู้เรียน (Summative Evaluation)

การประเมินกระบวนการพัฒนาบทเรียน คือ ระบบของการตรวจสอบและปรับปรุงคุณภาพของบทเรียนที่อยู่ระหว่างการพัฒนา และถือว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญขั้นตอนหนึ่งของระบบการพัฒนาบทเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทั้งนี้เนื่องจากการปรับปรุงแก้ไขภายหลังนั้นทำได้ยาก ผู้เขียนโปรแกรมอาจมีความยากลำบากในการปรับแก้มากกว่าการเริ่มต้นเขียนโปรแกรมใหม่ด้วยซ้ำ การประเมินกระบวนการพัฒนาจึงเป็นระบบที่เน้นให้มีการ

ตรวจสอบประเมินคุณภาพ โดยเริ่มตั้งแต่เข้าสู่บทเรียนเป็นลำดับไป จนกระทั่งถึงการวัดความรู้ความสามารถของผู้เรียนในแต่ละช่วงของบทเรียน จนจบการเรียนรู้ในหน่วยนั้น

อย่างไรก็ตาม การประเมินการพัฒนาบทเรียนจะไม่ถือว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญมากกว่าสิ่งอื่น แต่การเรียนรู้จะเป็นเพียงดัชนีเพื่อชี้ความสมบูรณ์และความบกพร่องของการออกแบบบทเรียน และนำไปสู่การปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

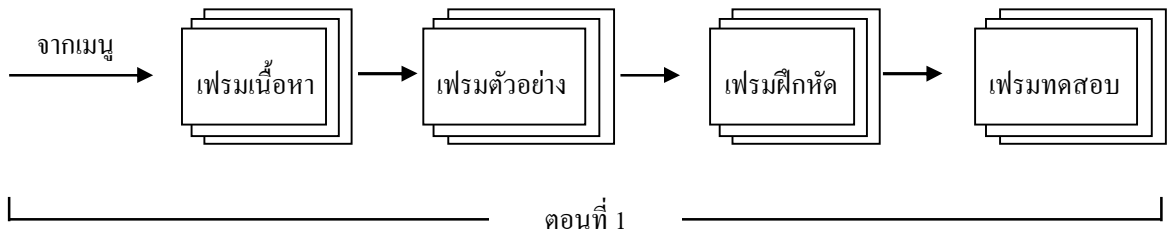
นอกจากวัดการเรียนรู้แล้ว การประเมินการพัฒนาบทเรียนยังให้ความสำคัญกับองค์ประกอบอื่นของบทเรียน เช่น

- ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์
- การจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหา
- เทคนิคการนำเสนอเนื้อหา
- ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหา
- เวลาในการศึกษาบทเรียน
- รูปแบบของคำถาม
- การออกแบบวิธีการติดต่อกับผู้เรียน (Interface)
- เทคนิคการให้ผลป้อนกลับ (Feedback)
- ความเหมาะสมของการประเมินความก้าวหน้า ฯลฯ เป็นต้น

ดังนั้นโดยเป้าหมายของการประเมินการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดีย (Formative Evaluation) จึงไม่จำเป็นต้องรอจนผลิตบทเรียนจบแล้วเสมอไป ผู้ออกแบบบทเรียนอาจเริ่มประเมินกระบวนการพัฒนา ตั้งแต่การผลิตในหน่วยย่อยแต่ละหน่วยเพื่อตรวจสอบในส่วนที่สามารถตรวจสอบได้ก่อน แล้วจึงประเมินกระบวนการผลิตในส่วนอื่นๆ ต่อไป เช่นในบทเรียนหน่วยหนึ่ง ซึ่งผู้ออกแบบ แบ่งออกเป็นตอนย่อย 4 ตอน แต่ละตอนจะประกอบไปด้วย เฟรมเนื้อหา เฟรมตัวอย่าง เฟรมฝึกหัด และเฟรมทดสอบ เมื่อพัฒนาไปได้ช่วงหนึ่งแล้ว ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบคุณภาพในส่วนของการออกแบบหน้าจอ (Screen Design) เช่น

- รูปแบบและความเหมาะสมของตัวพิมพ์ (ปริมาณ การจัดวาง ฯลฯ)
- รูปแบบและความเหมาะสมของกราฟิกและภาพเคลื่อนไหว (ความสอดคล้อง ความสวยงาม ขนาดภาพ คุณภาพ การแสดงผล ฯลฯ)

● รูปแบบและความเหมาะสมของเสียง (เสียงประกอบ เสียง Background เสียงบรรยาย ฯลฯ)



รูปที่ 2.9 แสดงเฟรมบทเรียน 1 หน่วย

นอกจากนั้นยังสามารถตรวจสอบคุณภาพของการออกแบบการสอน (Instructional Design) เช่น

- คุณภาพของการเขียนข้อความ (การใช้คำน่าสนใจ จูงใจให้ติดตาม มีความชัดเจน ใช้คำศัพท์เหมาะสมหรือไม่เพียงใด ฯลฯ)
- เทคนิคในการการนำเสนอ (เช่น การใช้เทคนิคการชี้เน้นประเด็นสำคัญ, การเสนอเป็นช่วงหรือเป็นขั้นตอน การใช้ภาพเสียงประกอบ การใช้ภาพเชื่อมโยง ฯลฯ)
- ความต่อเนื่องของเนื้อหา
- ความเหมาะสมของปริมาณเฟรมในส่วนย่อยของการออกแบบ
- ความสอดคล้องของตัวอย่าง
- แบบฝึกและคำถาม
- ความผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมการสั่งการต่างๆ

ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ผู้ออกแบบสามารถตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นได้ว่ามีความเหมาะสมใน 2 องค์ประกอบหลักก็คือ การออกแบบหน้าจอและการออกแบบเนื้อหาที่มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด การตรวจสอบคุณภาพดังกล่าวนี้ แม้ว่าจะไม่สามารถบอกถึงคุณภาพได้ครบถ้วน แต่จะทำให้ผู้ออกแบบมองเห็นจุดเด่นและจุดบกพร่องหลักๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้หรือแก้ไขในการออกแบบตอนย่อยอื่นๆต่อไป

ผู้ที่ประเมินโดยวิธีปฏิบัติแล้ว การพัฒนาบทเรียนมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย โดยทั่วไปจะมีผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา (ซึ่งถือว่าเป็นผู้มีความสามารถและทักษะในการสอนด้วย) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ (Instructional Design) ซึ่งจะต้องร่วมมือกันอย่างใกล้ชิดในการพัฒนาบทเรียนตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นที่ผู้เชี่ยวชาญทั้งสองด้านร่วมกัน วิเคราะห์วางแผนจนกระทั่งเป็นรูปแบบของ storyboard ที่สมบูรณ์ ถือว่าเป็นการประเมินขั้นต้นขั้นหนึ่งแล้ว

ในช่วงของพัฒนาบทเรียน หากผู้ออกแบบหรือผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเป็นผู้เขียนโปรแกรมด้วยตนเอง ก็จะถือว่าเป็นช่วงการประเมินที่สำคัญอีกช่วงหนึ่ง เพราะในช่วงนี้ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องทำหน้าที่ในการออกแบบหน้าจอไปพร้อมๆ กันด้วย ขณะเดียวกันระหว่างการพิมพ์ข้อความ หรือการจัดหน้าจอนั้น ผู้เขียนโปรแกรมย่อมต้องตรวจสอบคุณภาพของหน้าจอในทุกด้านอยู่แล้ว ในขั้นนี้ผู้เขียนอาจพบเห็นจุดบกพร่องต่างๆ ของการออกแบบบทเรียน เช่น การใช้ข้อความที่ไม่สื่อความหมาย ไม่สละสลวย การใช้ภาพ/เสียงที่ไม่ค่อยเหมาะสม เป็นต้น

การตรวจสอบข้อบกพร่องและการประเมินคุณภาพดังกล่าวข้างต้นกระทำโดยผู้ออกแบบบทเรียนหรือผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเป็นหลัก แต่กระบวนการประเมินที่สำคัญกว่านั้นคือต้องให้ผู้เรียน หรือกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ประเมิน โดยอาจทดสอบกับกลุ่มเล็กๆ ก่อน (Pilot Test) หลังจากนั้น จึงจะทดสอบกับกลุ่มใหญ่ ในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการนำไปใช้จริง ซึ่งหมายถึงการทดสอบภาคสนาม (Field Test) นั่นเอง

Pilot Test

กลุ่มเล็ก

กลุ่มเล็กในที่นี้หมายถึงกลุ่มผู้เรียนที่มีระดับความสามารถ สูง ปานกลางและต่ำประมาณอย่างละ 1-2 คน การทดสอบในลักษณะนี้อาจทำได้ในแต่ละช่วงของการพัฒนา แม้ว่าบทเรียนยังไม่เสร็จในทุกตอนก็ตาม แต่ในการปฏิบัติ ผู้ออกแบบ/ผู้พัฒนามักไม่ค่อยมีเวลาที่จะตรวจสอบในขั้นนี้มากนัก ส่วนมากจะอาศัยความเป็นผู้มีความรู้และความเชี่ยวชาญของผู้ออกแบบเองเป็นเกณฑ์ในการประเมินเบื้องต้น รอจนกระทั่งการพัฒนาบทเรียนใน Module นั้นๆ เสร็จเป็นรูปร่างแล้ว จึงเริ่มประเมินกับผู้เรียนกลุ่มเล็ก

รูปแบบของการประเมินคือ ให้ผู้เรียนกลุ่มเล็กได้ศึกษาโปรแกรมและทำแบบทดสอบในบทเรียน หลังจากนั้นจึงสอบถามความชอบ-ไม่ชอบ เหตุผลต่างในภาพรวม รวมทั้งเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ เช่น เวลาในการศึกษาบทเรียน พฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นก่อนเรียน ขณะเรียน และระหว่างเรียน การทดลองใช้กับกลุ่มเด็กที่มีความสามารถแตกต่างกันนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบได้เห็นปัญหาต่างๆ ใกล้เคียงกับสภาพการนำไปใช้ในห้องเรียนจริง ซึ่งมีทั้งเด็กที่มีความสามารถหลากหลาย ครอบคลุมกันไป ข้อมูลต่างๆ จะถูกรวบรวมเพื่อนำไปใช้ในการปรับแก้บทเรียนข้างต้น

กลุ่มกลาง

หลังจากได้ข้อมูลและนำมาปรับปรุงบทเรียนเบื้องต้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือนำบทเรียนไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น คือประมาณ 10-15 คน ข้อมูลที่ผู้ออกแบบต้องการในขั้นนี้ยังคล้าย

เดิม คือ สังเกตความสนใจของผู้เรียน พฤติกรรมการเรียน ปัญหาที่เกิดขึ้น เวลาในการศึกษาบทเรียน และที่เน้นมากกว่าการทดสอบกับกลุ่มเล็กคือ คะแนนจากการทดสอบ ซึ่งจะต้องดูในแง่ของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ สถิติรายข้อของข้อสอบแต่ละข้อด้วย และหากเป็นไปได้ ผู้ประเมินควรจะประเมินในสภาพการเรียนการสอนที่ใกล้เคียงกับการสอนที่เกิดขึ้นจริง ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบกระบวนการใช้บทเรียนควบคู่ไปด้วย

การประเมินในขั้นนี้หากผู้ประเมินมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียน ข้อมูลที่ผู้เรียนทดสอบขณะเรียน และหลังเรียนต้องมีการบันทึกไว้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้เพื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การหาประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ และยังสามารถนำข้อมูลการทดสอบนี้ไปตรวจสอบค่าสถิติอื่นๆ (หากยังไม่มีตรวจสอบก่อนนำมาทดลองใช้) เช่น ค่าความยากง่าย และค่าความเชื่อถือได้ของข้อสอบ เป็นต้น

Field Tests

Field Tests เป็นการทดสอบภาคสนามซึ่งเป็นการทดลองกับกลุ่มใหญ่น้อย 25 คน โดยการทดสอบจะทำในสภาพแวดล้อมจริง การทำ Field Tests นี้จะทำเมื่อการพัฒนาหน่วยการเรียนนั้นได้รับการแก้ไขจาก Pilot Tests เรียบร้อยแล้ว และมีความใกล้เคียงกับบทเรียนที่วางแผนไว้มากที่สุด การทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงจะช่วยให้ผู้ออกแบบสังเกตเห็นปัญหาอื่น (กรณีเป็นมัลติมีเดีย) และปัญหาในการ Load ข้อมูลจาก Server (กรณีที่เรียนผ่านเครือข่าย) เป็นต้น

แอสทิลด์ [5] ข้อมูลที่ได้รับจากการประเมินบทเรียน (Formative Evaluation) ทุกขั้นตอน จะมีข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่รวบรวมไว้โดยคอมพิวเตอร์ เช่นการตอบสนองจากผู้เรียน (ตอบคำถาม) เวลาที่ใช้ในการตอบคำถามแต่ละข้อ เวลาที่ใช้ในการเรียนแต่ละหน่วย จำนวนที่ผู้เรียนตอบคำถามจนถูกต้อง และคะแนนการทดสอบย่อยต่างๆ เป็นต้น ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพนั้น ผู้ออกแบบบทเรียนจะได้จากการสังเกต การสอบถาม โดยส่วนหนึ่งจะได้ข้อมูลขณะเรียน การสังเกตพฤติกรรมต่างๆ ว่าผู้เรียนชอบ-ไม่ชอบอย่างไร พบปัญหาที่ต้องขอความช่วยเหลือ และเรียนอะไรบ้าง ปัญหาในการติดตั้งโปรแกรมหรือไม่ นอกจากพฤติกรรมและปัญหาอื่นๆ ดังกล่าวแล้ว ผู้ออกแบบอาจสอบถามเพิ่มเติมหลังจากการเรียนเสร็จแล้ว หากเป็นกลุ่มเล็กอาจต้องสอบถามทุกคน หากเป็นกลุ่มใหญ่ อาจมีการสุ่มถาม หรือให้ทุกคนตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจากการประเมินกระบวนการผลิตหากมีการนำไปวิเคราะห์อย่างละเอียดรอบคอบและนำไปปรับปรุงแก้ไขบทเรียน จะเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ช่วยควบคุมคุณภาพของบทเรียน ซึ่งหมายถึงว่าการทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ดังกล่าวก่อนหน้านี้จะไม่ใช่เป็นคำตอบเดียวของการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียให้มีคุณภาพและยอมรับ

ได้ในแง่วิชาการ ประเด็นที่เราควรจะให้ความสนใจในช่วงของการประเมินกระบวนการ (Formative Evaluation) นั้นมี 5 ประเด็นคือ

1. การออกแบบ (Design) ซึ่งหมายถึงการกำหนดรูปแบบในการนำเสนอบทเรียน
2. กระบวนการ (Procedures) ซึ่งหมายถึงวิธีการและขั้นตอน ในการนำเสนอบทเรียนว่ามีความน่าสนใจ เหมาะสมกับผู้เรียน เนื้อหา และสอดคล้องกับทฤษฎีมากน้อยเพียงใด
3. ความน่าสนใจ (Appearance) ซึ่งหมายถึงทุกสิ่งทุกอย่างบนจอคอมพิวเตอร์ในแต่ละส่วน ทั้งหน้าจอ หรือระหว่างจอภาพ มีความสวยงาม น่าอ่านและเหมาะสมกับเนื้อหาและผู้เรียนมากน้อยเพียงใด
4. ประสิทธิภาพ (Efficiency) ซึ่งหมายถึงคุณภาพโดยรวมของบทเรียนที่ส่งผลต่อการเรียน โดยยึดวัตถุประสงค์ของบทเรียนเป็นหลัก
5. ความชัดเจน (Clarity) ซึ่งหมายถึงการใช้ภาพ คำ หรือมัลติมีเดียในการติดต่อสื่อสารที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในสิ่งที่ผู้ออกแบบต้องการสื่อสาร

2.3.1 องค์ประกอบในการประเมิน ควรพิจารณาใน 4 ประเด็นหลักคือ

1. องค์ประกอบด้านการสอน
2. องค์ประกอบด้านความสวยงาม
3. องค์ประกอบด้านหลักสูตร
4. องค์ประกอบด้านการเขียนโปรแกรม

องค์ประกอบทั้ง 4 ด้านนี้สอดคล้องกับองค์ประกอบในการออกแบบบทเรียนดังกล่าวข้างต้น คือ การออกแบบการสอน (Instructional Design) และการออกแบบหน้าจอ (Screen Design) นั่นเอง

ตารางที่ 2.1 แสดงประเด็นและการประเมินองค์ประกอบในบทเรียน CAI

องค์ประกอบ	ประเด็น				
	การ ออกแบบ	กระบวนการ	ความ น่าสนใจ	ประสิทธิภาพ	ความ ชัดเจน
การออกแบบการสอน	✓	✓	-	✓	✓
ความสวยงาม	-	-	✓	-	✓
การเขียนโปรแกรม	✓	✓	-	✓	-
หลักสูตร	✓	✓	-	-	-

1. การประเมินองค์ประกอบด้านการสอน (Instructional Factor)

การประเมินองค์ประกอบด้านการสอนจะดูที่คุณภาพของบทเรียนที่สนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยที่ควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1.1 เราสร้างความสนใจให้อยากเรียนหรือไม่ การสร้างความสนใจผู้เรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญ เมื่อผู้เรียนเริ่มเข้าสู่บทเรียน ในการออกแบบบทเรียนนั้นถือว่าเป็นขั้นตอนแรกในทุกบทเรียนควรมีอย่างใดก็ตามการสร้างความสนใจนี้ไม่ใช่มีเฉพาะการเริ่มต้นเข้าสู่บทเรียนเท่านั้น แต่ควรจะต้องมีอยู่ตลอดทั้งการเรียน มาก-น้อยตามช่วงของกิจกรรมและความเหมาะสม การสร้างความสนใจเมื่อเริ่มเข้าสู่เรียนจะเริ่มตั้งแต่การออกแบบหน้าจอหน้า (Title) เพื่อสร้างความสนใจและให้ข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน การประเมินองค์ประกอบย่อยของหน้าจอหน้า จะดูที่ความเหมาะสมของการใส่กราฟิก เสียง และข้อความ การสร้างความสนใจในบทเรียน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความพร้อมที่จะเรียนซึ่งจะนำไปสู่ความตั้งใจในการรับรู้และการจำ

1.2 ให้ข้อมูลและการควบคุมที่ชัดเจนหรือไม่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับการออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง ดังนั้นต้องมีความชัดเจนในตัวบทเรียนว่าผู้เรียนจะเรียนรู้ด้วยวิธีใด และมีอะไรที่จะต้องทำความเข้าใจก่อนการเรียนรู้ หรือระหว่างการเรียนรู้บ้าง หากข้อมูลข้อแนะนำหรือส่วนช่วยต่างๆ (เช่น ปุ่ม, ลูกศร, คำอธิบาย ฯลฯ) ไม่ชัดเจน ผู้เรียนอาจสับสนกับการเรียนหรืออาจจะรู้สึกหงุดหงิดกับการที่ต้องพยายามสืบหาวิธีการต่างๆ ด้วยตนเองได้

1.3 เนื้อหาบทเรียนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ กล่าวอีกนัยหนึ่งคือวัตถุประสงค์ของบทเรียนสอดคล้องกับเนื้อหาหรือไม่ การกำหนดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเป็นหลักข้างต้นนี้มีความเป็นไปได้ทั้งคู่ เราใช้เนื้อหาบทเรียนเป็นหลักเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ ในกรณีที่เนื้อหานั้นๆ ได้รับการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญแล้วว่าเป็นสิ่งจำเป็นและเหมาะสมกับผู้เรียนในระดับนั้นๆ โดย

กำหนดว่าเป็นเนื้อหาของหลักสูตร ส่วนการใช้วัตถุประสงค์เป็นหลักเพื่อกำหนดขอบเขตของเนื้อหา นั้นมักนิยมกระทำใน 3 กรณี **กรณีแรก**คือรูปแบบการเรียนที่เน้นความต้องการของผู้เรียน โดยรวมว่า ต้องการเรียนรู้หรือมีทักษะด้านใดบ้าง เมื่อความต้องการเหล่านั้นได้รับการวิเคราะห์เป็นวัตถุประสงค์ ที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมกับผู้เรียนแล้ว ผู้ออกแบบเนื้อหาจึงทำการรวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง มาพัฒนาและออกแบบบทเรียน กรณีนี้จะเหมาะสมกับการศึกษานอกระบบ หลักสูตรจะมีความ ยืดหยุ่นตามความต้องการของผู้เรียน **กรณีที่สอง**คือผู้ออกแบบเนื้อหาจะวิเคราะห์ว่าผู้เรียนได้เรียนรู้ และมีทักษะด้านใดบ้าง แล้วกำหนดและเรียบเรียงวัตถุประสงค์ก่อนที่จะหาแหล่งข้อมูลที่สอดคล้อง ส่วน**กรณีที่สาม**คือ การผสมผสานระหว่างกรณีที่หนึ่งและกรณีที่สองนั่นเอง

ความสอดคล้องดังกล่าวนี้ไม่ว่าจะเป็นทางใดทางหนึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับคำถามที่ใช้ในการ ประเมินผลด้วย และหากองค์ประกอบของความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกัน ก็ถือว่ามีการ ออกแบบที่แม่นยำตรง (Valid)

1.4 มีรูปแบบและขั้นตอนในการเสนอเนื้อหาอย่างไรหรือไม่ การออกแบบบทเรียนที่ดีนั้น ผู้เรียนจะมองเห็นภาพโครงสร้างชัดเจน เช่นมองเห็นการแบ่งกลุ่ม มองเห็นการเชื่อมโยง มองเห็นการ เคลื่อนไหวของขั้นตอนต่างๆ การเชื่อมต่อของเฟรม, ของตอนย่อยและการวางความสัมพันธ์ของ เนื้อหาที่เป็นระบบ จะช่วยให้ผู้เรียนสนใจในการเรียนอย่างต่อเนื่อง ตรงกันข้ามหากการออกแบบ ความสัมพันธ์เชื่อมโยงของเนื้อหาสับสน ผู้เรียนก็จะหงุดหงิดและเลิกเรียนได้

1.5 มีการเขียนข้อความที่อ่านเข้าใจง่ายและเหมาะสมกับผู้เรียนหรือไม่ บ่อยครั้งที่เราเห็น ข้อความในบทเรียนมีลักษณะคล้ายข้อความจากหนังสือ หรือตำราเรียน มีคำศัพท์หรือคำที่ชวนให้ เข้าใจสองแง่สองมุมเป็นจำนวนมาก บางครั้งก็อธิบายเกินข้อ หรือพยายามใส่รายละเอียดมาก จนเกินไป ทั้งนี้เพราะผู้ออกแบบต้องการความง่ายในการจัดทำ หรืออาจลืมนึกไปว่าการอ่านหนังสือ ในจอคอมพิวเตอร์นั้นลำบากกว่าการอ่านจากสิ่งพิมพ์ แสงรบกวนจากจอภาพจะรบกวนการอ่านใน ระยะยาว ดังนั้นข้อความที่ปรากฏในแต่ละเฟรมนอกจากจะต้องออกแบบให้มองเห็นชัดเจน (Legibility) แล้ว ควรจะต้องปรับปรุงด้านการใช้คำ และการเขียนที่สั้น กระชับ ได้ใจความ และ ชวนให้น่าอ่านน่าติดตาม

1.6 การจัดวางลำดับเนื้อหาเหมาะสมหรือไม่ ผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนจะรู้ว่าการ จัดวางลำดับเนื้อหาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากทั้งในการสอนปกติ และในการสอนด้วยบทเรียน มัลติมีเดีย การจัดวางลำดับเนื้อหาให้ต่อเนื่องทั้งส่วนย่อย (หน่วยเดียวกัน) และส่วนใหญ่ (ระหว่าง ตอน / หน่วย) จะช่วยให้ผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้เหมาะที่จะเข้าใจเนื้อหาต่อไปได้ แม้ว่าเนื้อหาแต่ละตอน / หน่วย อาจแยกออกได้โดยอิสระ แต่เนื้อหาในแต่ละตอน / หน่วยเองก็ต้องมีการจัดลำดับขั้นตอนให้ เหมาะสมอยู่นั่นเอง

1.7 มีการใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการนำเสนอเนื้อหาหรือไม่ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถประยุกต์เทคนิคต่างๆ มาใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เช่นเทคนิคการชี้เน้นประเด็นสำคัญ (Cueing Technique) เทคนิคการเชื่อมโยง (Hyperlink) ไปยังภาพและข้อความต่างๆ เทคนิคการนำเสนอเฉพาะส่วน เทคนิคการปรับเปลี่ยนหน้าจอ (Transition) เทคนิคการเคลื่อนออกเคลื่อนเข้า (Move out-Move in) หรือเทคนิคการสว่างเข้า-สว่างออก (Fade in-Fade out) เป็นต้น การใช้เทคนิคต่างๆดังกล่าวนี้ต้องพิจารณาความเหมาะสม ผู้ออกแบบที่ยังไม่มีประสบการณ์มักจะใช้เทคนิคต่างๆ มากเกินไป จนทำให้เทคนิคที่ใช้กลายเป็นตัวรบกวนการเรียนรู้ได้ (Noise)

1.8 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนเหมาะสมหรือไม่ ปฏิสัมพันธ์ที่เหมาะสมจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนกระตือรือร้นที่จะเรียน ดังนั้นผู้ออกแบบบทเรียนควรจะต้องกำหนดรูปแบบการโต้ตอบอย่างต่อเนื่อง โดยคำนึงถึงลักษณะของผู้เรียนประกอบการมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนจะเกี่ยวข้องกับ Interface หรือรูปแบบการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับเครื่อง เช่นการติดต่อผ่านคีย์บอร์ด การติดต่อผ่านคลิกเมาส์ การติดต่อโดยการลากเมาส์หรือการสัมผัสจอ เป็นต้น การจะเลือกรูปแบบใดจึงควรจะต้องดูความพร้อมของผู้เรียน ความเหมาะสมของกิจกรรม และความพร้อมของเทคโนโลยีเป็นสำคัญ

1.9 การกำหนดการควบคุมการเรียนรู้เหมาะสมหรือไม่ มีเพียงไม่กี่กรณีที่ผู้ออกแบบจะออกแบบให้คอมพิวเตอร์ควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ กรณีดังกล่าวนี้ เช่น การควบคุมเวลาในการตอบคำถาม การควบคุมการเลือกศึกษาเนื้อหาที่มีการกำหนดลำดับขั้นตอนและควบคุมการเลือกปุ่มกำหนดเส้นทางเดินของบทเรียน (Navigation Buttons) เป็นต้น นอกจากนี้แล้ว ผู้เรียนควรเป็นผู้ควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด "Learner Control" เป็นแนวคิดสำคัญในการออกแบบบทเรียนเพราะจะช่วยให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของเวลาที่ใช้ เนื้อหาที่สนใจ และรูปแบบการเรียนรู้

1.10 มีการสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสมในบทเรียนหรือไม่ หัวใจหลักของการออกแบบมัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์ (Interactive Multimedia: IMM) มีอยู่ 2 ประการ คือ การควบคุม (Control) และการสร้างแรงจูงใจ (Motivation) การสร้างแรงจูงใจไม่จำเป็นต้องเป็นคำชมเมื่อผู้เรียนตอบคำถามถูกเสมอไป แรงจูงใจอาจเกิดจากการออกแบบเนื้อหาที่น่าสนใจ

การใช้ภาพและกราฟิกที่สวยงามและสื่อความหมาย การใช้คำเพื่อกระตุ้นให้คิด ให้อยากที่จะเรียนรู้ในสิ่งต่างๆ การแสดงเป้าหมายที่ต้องไปให้ถึง การใช้เสียงบรรยายที่น่าฟังและเสียงประกอบที่เหมาะสม ฯลฯ ล้วนเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างแรงจูงใจทั้งสิ้น ส่วนมัลติมีเดียชิ้นนั้น ในแง่องค์ประกอบการออกแบบจะหมายถึงนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว กราฟิก เสียง คุณภาพและความเหมาะสม

ขององค์ประกอบมัลติมีเดียจะได้รับการประเมินในแง่ของความสวยงาม ความคมชัด ความสอดคล้องกับเนื้อหา ความเร็วในการแสดงผลและความคม

2. องค์ประกอบด้านความสวยงาม (Cosmetic Factor)

ความสวยงามเป็นองค์ประกอบสำคัญของบทเรียนและช่วยดึงดูดให้ผู้เรียนอยู่กับบทเรียนนานขึ้น การตกแต่งหน้าจอของบทเรียนให้สวยงามน่ามอง และน่าสนใจทำได้หลายวิธี วิธีที่ใช้ได้และชัดเจนที่สุดคือการใช้แสง สี มิติ เสียง ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว เพื่อสร้างความสนใจ อย่างไรก็ตาม ความพอดี ความเหมาะสมยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่จะบอกได้ว่าการประยุกต์ใช้วิธีการนั้นๆ ได้ผลหรือไม่ เพียงใด ในการประเมินบทเรียนมัลติมีเดีย ด้านความสวยงามนั้นความต้องการพิจารณาองค์ประกอบย่อยดังต่อไปนี้

2.1 มีการใช้ตำแหน่งและพื้นที่หน้าจอคอมพิวเตอร์เหมาะสมหรือไม่ การวางตำแหน่งและใส่พื้นที่ดังกล่าวนี้เกี่ยวข้องกับหลักการและแนวคิดในการออกแบบ เช่น ความเรียบง่าย ความสมดุล ความสม่ำเสมอและความสอดคล้องกับทฤษฎีการรับรู้ นอกจากแนวคิดและหลักการดังกล่าวแล้ว องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องเฉพาะด้านเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียน เช่น ความสม่ำเสมอของเฟรม ตำแหน่งและรูปร่างของ Interface หัวเรื่อง เนื้อเรื่อง Feedback ฯลฯ ล้วนเป็นองค์ประกอบของหน้าจอที่จะบอกว่าได้รับการออกแบบเหมาะสมหรือไม่

2.2 สีและมัลติมีเดีย มีความเหมาะสมและมีคุณภาพหรือไม่ สี เป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะช่วยแสดงความแตกต่างของชิ้นงาน (Objects) ที่ปรากฏบนจอภาพ สี ช่วยดึงดูดความสนใจ ช่วยแสดงมิติของงานและช่วยกำหนดรูปแบบของการรับรู้ อย่างไรก็ตามการใช้สีมากเกินไปจะยังทำให้คุณค่าของการใช้สีลดลง และนอกจากนั้นยังทำให้เกิดผลเสียต่อการรับรู้ด้วย ลองคิดว่าในบทเรียนหนึ่งที่ใช้สีแดงสำหรับ Feedback ที่ถูกต้อง ใช้สีเขียว สำหรับ feedback ที่ผิด ใช้สีม่วงสำหรับคำแนะนำ และใช้สีฟ้าสำหรับหัวข้อเรื่อง ผู้เรียนจะมีความยากลำบากมากในการที่จะใช้สีเป็นตัวช่วยในการทำความเข้าใจโครงสร้างของการออกแบบหน้าจอ ยิ่งมีการเปลี่ยนแปลงการใช้สีในหน้าจออื่นๆด้วย ยิ่งทำให้ผู้เรียนสับสนมากขึ้น สิ่งที่น่าออกแบบต้องนึกถึงเพิ่มเติมคือการยอมรับความสัมพันธ์ระหว่างสีกับการให้ความรู้สึกด้วย เช่นสีเขียว ให้ความรู้สึกของการยอมรับ ความถูกต้อง หรือความปลอดภัย สีแดงให้ความหมายที่ผิดพลาดไม่ใช่อันตราย หรือแตกต่าง เป็นต้น

2.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียนหรือไม่ กิจกรรมการเรียนรู้ในที่นี้ครอบคลุมรูปแบบของการสอน การวางโครงสร้างของเนื้อหา รูปแบบการนำเสนอข้อมูล วิธีการสร้างแรงจูงใจและการประเมินความก้าวหน้า โดยสรุปคือ การมองภาพรวมของกิจกรรมการเรียนรู้ว่า ออกแบบเหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนหรือไม่อย่างไร องค์ประกอบด้านนี้ได้รับการกล่าวถึงบ่อยครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากผู้ออกแบบบางคนอาศัยประสบการณ์ และความคาดเดาของตนเองว่าน่าจะดี

น่าจะใช้ได้หรืออาศัยจากบทเรียนอื่นๆ แต่สิ่งที่ผู้ออกแบบได้พัฒนาขึ้นนั้นอาจไม่เป็นที่สนใจของผู้เรียน ดังนั้นการประเมินในส่วนนี้จึงมีความจำเป็น

2.4 การเขียนและการสะกิดคำมีความผิดพลาดหรือไม่ บ่อยครั้งที่ผู้เรียนพบคำที่สะกิดผิดพลาด หรือการเว้นวรรคผิดพลาด สิ่งเหล่านี้ดูเหมือนเป็นเรื่องเล็กน้อยสำหรับการพัฒนาบทเรียน แต่ในความคิดของผู้เรียน หรือผู้ที่ทำหน้าที่ประเมินโปรแกรม จะถือว่าความบกพร่องดังกล่าวแสดงถึงความไม่น่าเชื่อถือของส่วนอื่นๆ ของบทเรียนด้วย สิ่งที่ผู้ออกแบบควรทำคือให้ผู้อื่นเป็นผู้ตรวจทานขั้นสุดท้าย เพราะผู้ออกแบบเจอเมื่ออ่านหลายๆ เทียมมักจะมองข้ามความผิดพลาดได้ง่าย

3. องค์ประกอบด้านหลักสูตร (Curriculum Factor)

บทเรียนที่พบเห็นทั่วไปจะพัฒนาโดยยึดแนวของหลักสูตรเป็นหลัก จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้พัฒนา หากวัตถุประสงค์เพื่อใช้สอนแทนครูและขณะเดียวกันก็ใช้สอนเสริมได้ด้วย ผู้ออกแบบก็ต้องยึดแนวทางและเนื้อหาของหลักสูตรในการออกแบบบทเรียนมัลติมีเดีย แต่ในบางครั้งผู้พัฒนาบทเรียนอาจต้องการพัฒนาบทเรียนให้มีเนื้อหาตามที่ตนเองคิดว่าผู้เรียนต้องการโดยไม่ยึดติดกับหลักสูตร เช่น พัฒนาบทเรียนเรื่องสมการที่มีเนื้อหาตั้งแต่พื้นฐานจนถึงสมการที่มีความซับซ้อนมากที่สุด ซึ่งแม้จะไม่สอดคล้องกับหลักสูตรในแต่ละระดับ แต่ในภาพรวมแล้วผู้เรียนก็สามารถเลือกเรียนตามความสามารถของผู้เรียนได้ บทเรียนในลักษณะนี้ถือเป็นบทเรียนมัลติมีเดียที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ได้เช่นกัน ดังนั้นการประเมินองค์ประกอบด้านหลักสูตรนี้ ผู้ประเมินจึงดูความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนมัลติมีเดียกับหลักสูตรว่าตรงตามหลักสูตรหรือไม่ นำไปใช้เพื่อเสริมหลักสูตรได้หรือไม่ เนื้อหา หลักเกณฑ์ต่างๆ เชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด การประเมินองค์ประกอบด้านหลักสูตรนี้ในบางครั้งจึงต้องแยกประเมินตามเป้าหมายการผลิตด้วย คือสอดคล้องตามหลักสูตร หรือผลิตเพื่อเสริมการเรียนรู้ในหลักสูตร

4. องค์ประกอบด้านการเขียนโปรแกรม (Programming Factor)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการผลิตขึ้นในปัจจุบัน ส่วนมากใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนเป็นตัวช่วยสร้าง (เช่น Author ware, Tool book, Director) โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนเหล่านี้ช่วยทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นมาก ความผิดพลาดต่างๆ ก็สามารถทดสอบได้ เนื่องจากโดยรูปแบบของโปรแกรมเหล่านี้ ผู้พัฒนาจะสามารถตรวจสอบการทำงานทันทีที่สั่งการได้ (WHAT YOU SEE IS WHAT YOU GET: WYSIWYG) ดังนั้นความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นคือ ความผิดพลาดเนื่องจากความเพอเรอ เช่น โปรแกรมให้ผลป้อนกลับว่า "เก่งมาก" ในขณะที่ผู้เรียนตอบผิด หรือผู้เรียนทำข้อสอบถูกต้อง 8 ข้อ จาก 10 ข้อ แต่บอกว่าถูก 7 ข้อ จาก 10 ข้อ เป็นต้น ความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นอีกประการหนึ่งคือ ความไม่สมบูรณ์ของแฟ้มข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ควบคู่กัน ตัวอย่างเช่น มีบทเรียนหนึ่งซึ่งพัฒนาขึ้นโดยใช้แบบตัวพิมพ์พิเศษ และทำงานได้ดีตลอดมา แต่เมื่อนำบทเรียนดังกล่าวไปใช้

กับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นซึ่งไม่มีแบบตัวพิมพ์ (font) นั้นๆ อยู่ด้วยก็จะพบปัญหาทันที หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง เช่น การติดตั้งโปรแกรม (Install) โดยขาดเพิ่มข้อมูลสำคัญในการ Run โปรแกรมตามที่โปรแกรมนั้นๆ กำหนดเป็นต้น ความผิดพลาดลักษณะดังกล่าวนี้ควรได้รับการประเมินเช่นกันว่าพบหรือไม่อย่างไร

นอกจากความผิดพลาดแล้ว การประเมินในด้านนี้อาจพิจารณาจากประสิทธิภาพของการเขียนโปรแกรม โดยดูจากรูปแบบการเขียน โครงสร้างของการเขียน และเทคนิคต่างๆ ที่จะทำให้โปรแกรมทำงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้หน่วยความจำน้อยที่สุด

การประเมินการเรียน (Summative Evaluation) เกิดขึ้นหลังจากที่ผู้เรียนศึกษาบทเรียนนั้นๆ จบแล้ว เป็นการประเมินจากผู้เรียนจริง ในสภาพแวดล้อมจริง ผลจากการประเมินการเรียนผู้ออกแบบจะนำไปใช้ใดด้านใดก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการออกแบบ การออกแบบเพื่อการวิจัย ผู้ออกแบบอาจนำคะแนนจากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับคะแนนก่อนสอบการเรียน (Pretest) เพื่อเปรียบเทียบของการเรียนก่อนและหลังเรียน ในด้านการวิจัยแล้วคะแนนก่อนและหลังเรียนไม่ได้บอกอะไรมากนัก เพราะคะแนนที่เพิ่มขึ้นหลังจากการศึกษบทเรียนนั้น ไม่ใช่คะแนนที่แสดงถึงประสิทธิภาพของบทเรียนเสมอไป

หากวัตถุประสงค์ของการประเมินการเรียน (Summative Evaluation) เพื่อจะดูข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative) เปรียบเทียบกับเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของบทเรียน (เช่น 80/80) ผู้ออกแบบก็จะเก็บข้อมูลและรายละเอียดของการสอบโดยเก็บข้อมูลของผู้สอบทุกคนที่ตอบคำถามแต่ละข้อ ว่าใครตอบถูกต้องผิดมากน้อยเพียงใด ข้อใดผู้เรียนตอบถูก 80 เปอร์เซนต์ขึ้นไป

ในการผลิตบทเรียนเพื่อจำหน่ายนั้น นอกจากข้อมูลการประเมินการเรียนจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อยืนยันคุณภาพบทเรียนที่เกี่ยวข้องกับคะแนนแล้ว ข้อมูลด้านอื่นๆ เช่น เวลาการทดสอบเฉลี่ย หรือข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประเมินบทเรียนก็มีประโยชน์ต่อผู้นำบทเรียนมาดัดแปลงไปใช้เช่นกัน

2.3.2 เกณฑ์ประเมิน

วิรุณ ตั้งเจริญ [14] แบ่งเกณฑ์ในการประเมินไว้ว่าสามารถกระทำได้ใน 3 ลักษณะ คือ

1. การประเมินกระบวนการสอน เพื่อเป็นการประเมินว่าสามารถบรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ทั้งในด้านผู้สอน สื่อการสอน และวิธีการสอน โดยในการประเมินสามารถทำได้ทั้งในระยะก่อน ระหว่าง และหลังการสอน
2. การประเมินความสำเร็จของผู้เรียน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ว่ามีเกณฑ์เท่าใด การวัดผลอาจทำได้ด้วยการทดสอบ การสอบปากเปล่า หรือดูจากผลงานของผู้เรียน สิ่งสำคัญที่จะทราบได้ว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากน้อยเท่าใด คือ สังเกตจากการปฏิบัติและการแสดงออกของผู้เรียน
3. การประเมินสื่อและวิธีการสอน โดยการให้ผู้เรียนมีการอภิปรายและวิจารณ์การใช้สื่อและเทคนิควิธีการสอนว่าเหมาะสมมากน้อยเพียงใด

2.3.3 การประเมินสื่อ

สื่อการสอนจะมีคุณค่าก็ต่อเมื่อ ผู้สอนได้นำไปใช้อย่างเหมาะสมและถูกวิธี ดังนั้น ก่อนที่จะนำสื่อแต่ละอย่างไปใช้ ผู้สอนจึงควรได้ศึกษาถึงลักษณะและคุณสมบัติของสื่อการสอน ข้อดีและข้อจำกัดอันเกี่ยวกับตัวสื่อแต่ละอย่าง ตลอดจนการผลิตและการใช้สื่อให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนด้วย ทั้งนี้ เพื่อให้การจัดกิจกรรมการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ที่วางไว้

นอกจากในการเลือกใช้สื่อการสอน ผู้สอนควรจะต้องมีการวิเคราะห์เช่นกันว่ามีการใช้สื่ออย่างเหมาะสมเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ดังนั้นจึงควรต้องมีการใช้สื่อตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- ประเมินการวางแผนการใช้สื่อ เพื่อดูว่าสิ่งต่างๆ ที่วางไว้สามารถดำเนินไปตามแผนหรือไม่ หรือเป็นเพียงตามหลักการทฤษฎี แต่ไม่สามารถปฏิบัติได้จริง จึงต้องเก็บรวบรวมข้อมูลได้เพื่อการแก้ไขปรับปรุงในการวางแผนครั้งต่อไป
- ประเมินกระบวนการใช้สื่อ เพื่อดูว่าการใช้สื่อในแต่ละขั้นตอนประสบปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไรบ้าง มีสาเหตุมาจากอะไรและมีการป้องกันไว้หรือไม่
- ประเมินที่ได้จากการใช้สื่อ เป็นผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนโดยตรงว่า เมื่อเรียนแล้วผู้เรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้หรือไม่ และผลที่ได้นั้นเป็นไปตามเกณฑ์หรือต่ำกว่าเกณฑ์

การประเมินคุณภาพการใช้สื่อ สามารถทดลองนำสื่อที่ปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพตามต้องการแล้วนั้นไปทดลองใช้ หลังจากนั้นทำการประเมินผลอีกครั้งหนึ่งก็จะได้ค้นแบบของสื่อที่มีคุณภาพที่ผ่านการทดลองหาคุณภาพและการประเมินผลจนเป็นที่มั่นใจ

2.4 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้สำหรับรวบรวมข้อมูลหรือคะแนนเพื่อนำข้อมูลหรือคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาประเมินหาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุญชม ศรีสะอาด [15] ให้ความหมายของแบบทดสอบไว้ว่า คือ ชุดของคำถาม (Items) หรืองานชุดใดๆ ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปเร้าหรือชักนำให้กลุ่มตัวอย่างตอบสนองออกมา การตอบอาจอยู่ในรูปของการเขียน การพูด การปฏิบัติ ที่สามารถสังเกตได้ วัดให้เป็นปริมาณได้

2.4.1 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test)

บุญชม ศรีสะอาด [15] แบ่งประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.4.1.1 แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่า ผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2.4.1.2 แบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test)

แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพของความสามารถของบุคคลนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

2.4.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ [16] กล่าวถึงการสร้างข้อสอบแบบก่อนที่จะลงมือเขียนข้อสอบจะต้องมีการวางแผนในขั้นตอนการวางแผนนี้มีสิ่งที่จะต้องพิจารณาเพิ่มเติมนอกเหนือจากพิจารณาจุดมุ่งหมาย

ของข้อสอบและเนื้อหาที่จะสร้างข้อสอบ คือ ต้องพิจารณาว่าจะสร้างข้อสอบโดยยึดจุดประสงค์ (Objective Based) คือ เขียนตามจุดประสงค์ของเนื้อหา หรือสร้างข้อสอบโดยยึดกลุ่มพฤติกรรม (Domain Based) จึงจะเหมาะสม

บุญชม ศรีสะอาด [15] กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ สรุปได้ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์เนื้อหาวิชาขั้นแรก จะต้องทำการวิเคราะห์ดูว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และที่จะต้องวัด แต่ละหัวข้อเหล่านั้นจะต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมหรือสมรรถภาพอะไร กำหนดออกมาให้ชัดเจน

2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ จากขั้นแรกพิจารณาต่อไปว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยอะไรบ้าง อย่างละกี่ข้อ พฤติกรรมย่อยดังกล่าว คือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั่นเอง เมื่อกำหนดจำนวนข้อที่ต้องการจริงเสร็จแล้ว ต่อมาพิจารณาว่าจะต้องออกข้อสอบเกินไว้กี่ข้อ ควรออกเกินไว้ไม่ต่ำกว่า 25%

3. กำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ ขั้นตอนนี้จะเป็นการตัดสินใจว่าจะใช้คำถามรูปแบบใด และศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ เพื่อที่จะได้นำมาใช้ในการเขียนข้อสอบของตน

4. เขียนข้อสอบ ลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตามตารางที่ได้กำหนดจำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้และใช้รูปแบบเทคนิคการเขียนข้อสอบตามที่ได้ศึกษามา

5. ตรวจสอบข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้แล้วในขั้นตอนที่ 4 มาพิจารณาทบทวนอีกครั้งหนึ่งโดยพิจารณาความถูกต้องตามหลักวิชา แต่ละข้อวัดพฤติกรรมย่อยหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่ ภาษาที่ใช้มีความชัดเจนเข้าใจง่ายหรือไม่ ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

6. ให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา นำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและข้อสอบที่วัดแต่ละจุดประสงค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและด้านเนื้อหาจำนวนไม่ต่ำกว่า 3 คน พิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดตามจุดประสงค์ที่ระบุไว้หรือไม่

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบทั้งหมดที่ผ่านการพิจารณาว่าเหมาะสมเข้าเกณฑ์ในขั้นตอนที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ วิธีตอบ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

8. ทดสอบใช้วิเคราะห์คุณภาพและปรับปรุง นำเอาแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างจริง จำนวนประมาณ 40 คน หรือมากกว่า โดยทำการสอบก่อนเรียน และนำข้อสอบฉบับเดิมมาสอบหลังเรียนอีกครั้ง แล้วนำเอาผลการสอบมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามแบบอิงเกณฑ์ คัดเลือกข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ หาค่าความเชื่อมั่น

9. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง นำข้อสอบที่มีค่าอำนาจเข้าเกณฑ์ จากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 8 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริงต่อไป โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง มีคำชี้แจงอย่างละเอียด

2.4.3 แบบทดสอบสำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนจัดเป็นบทเรียนสำเร็จรูปประเภทหนึ่ง ซึ่งผู้เรียนใช้การศึกษาด้วยตนเอง ดังนั้น ตัวบทเรียนจะต้องมีความสมบูรณ์ในตัวเอง กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหาสาระต่างๆ ได้ด้วยตัวเองจนจบ เมื่อเรียนจบแล้วสามารถวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และประเมินผลการเรียนด้วยตนเองได้

2.4.4 แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ

1. ข้อสอบในระดับของความรู้ความจำ เป็นการวัดความสามารถขั้นต่ำสุด การถามเพื่อวัดเกี่ยวข้องกับการให้ระลึกถึง ทั้งในสิ่งที่เฉพาะเจาะจงและทั่วไป ระลึกถึงวิธีการและกระบวนการ รูปแบบ โครงสร้าง ฯลฯ เป็นการจำประสบการณ์ต่างๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการสอนของครู จากการบอกเล่า จากตำรา หรือจากสิ่งแวดล้อม จุดประสงค์ในระดับความรู้ความจำนี้ เมื่อพิจารณาในแง่ของกระบวนการทางจิตวิทยา จัดเป็นการจำประเภทต่างๆ เช่น ความคุ้นเคย กับคำที่มีความหมายต่างๆ ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างข้อสอบที่วัดสามารถใช้ในระดับนี้จึงออกได้ง่าย

2. ข้อสอบที่วัดระดับความเข้าใจ เป็นการวัดความสามารถที่สูงกว่าความรู้ความจำ แต่ผู้สอนยังมีความรู้ความจำ เป็นพื้นฐานมาก่อนจึงจะมีความเข้าใจ คำถามจะไม่ถามตรงจากตำรา หรือสิ่งที่สอนไว้ แต่โยงความรู้ที่เรียนมาสัมพันธ์กับคำถามแล้วเปลี่ยนเป็นคำตอบใหม่ ภาษาหรือสำนวนใหม่ รูปแบบใหม่ๆ ความสามารถระดับนี้แบบเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการแปลความ ตีความ และขยายความ

2.4.5 ข้อสอบที่วัดระดับการนำไปใช้

เป็นการวัดความสามารถในการนำเอาความรู้ ความเข้าใจมาประยุกต์หรือแก้ปัญหาในเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม การเขียนคำถามในระดับนี้ อาจเขียนถามความสอดคล้องระหว่างหลักวิชา และการปฏิบัติ ถามข้อยกเว้นของหลักวิชาและการปฏิบัติ ถามให้แก้ปัญหา ถามเหตุผลของการปฏิบัติ

2.4.6 ข้อสอบที่วัดระดับวิเคราะห์

เป็นการวัดความสามารถในการแยกแยะ หรือแจกแจงรายละเอียดเรื่องราว ความคิดการปฏิบัติ ออกเป็นระดับย่อย โดยอาศัยหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่างๆ เพื่อค้นพบข้อเท็จจริง และคุณสมบัติบางประการคำถามระดับวิเคราะห์แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การวิเคราะห์หลักการ

2.4.7 ข้อสอบที่วัดระดับสังเคราะห์

เป็นการวัดความสามารถในการรวบรวม และผสมผสานรายละเอียดปลีกย่อยของข้อมูล สร้างเป็นสิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม ความสามารถดังกล่าวเป็นพื้นฐานของการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คำถามระดับนี้แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์แผนงาน และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

2.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

2.5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่า บุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น และการแสดงความคิดเห็นนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึที่แท้จริงจึงสามารถวัดความพึงพอใจนั้นได้ พจนานุกรมฉบับบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 กล่าวว่า “พึง” เป็นคำช่วยกริยาอื่น หมายความว่า “ควร” เช่น พึงใจ หมายความว่า พอใจ ชอบใจ และคำว่า “พอ” หมายความว่า เท่าที่ ต้องการ เต็มความต้องการ ถูกชอบ เมื่อนำคำสองคำมาผสมกัน “พึงพอใจ” จะหมายถึง ชอบใจ ถูกใจ ตามที่ต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับ Wolman ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ คือ ความรู้สึกมีความสุขเมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมายที่ต้องการ หรือความแรงจูงใจ คำว่า ความพึงพอใจมีผู้ให้ความหมายไว้หลากหลาย ดังนี้

กาญจนา อรุณสุขรุจิ [17] กล่าวว่า ความพึงพอใจ เป็นการแสดงความรู้สึกดีใจยินดีของเฉพาะบุคคล ในการตอบสนองความต้องการในส่วนที่ขาดหายไป ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยปัจจัยเหล่านั้นสามารถสนองความต้องการของบุคคลทั้งทางร่างกายและจิตใจได้อย่างเหมาะสมและเป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมของบุคคลที่จะเลือกปฏิบัติในกิจกรรมนั้นๆ การแสดงออกทางพฤติกรรมนั้นจะมีความเป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคคลมี

ความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและต้องมีสิ่งเร้าที่ตรงต่อความต้องการของบุคคลจึงจะทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจ ดังนั้นการสร้างสิ่งเร้าจึงเป็นแรงจูงใจของบุคคลนั้นให้เกิดความพึงพอใจในงานนั้น ซึ่งสอดคล้องกับความหมายของพรศักดิ์ ตระกูลชีวาพานิตต์ [18] ที่ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า “ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับผลสำเร็จตามมุ่งหมาย” และความพึงพอใจเป็นกระบวนการทางจิตวิทยาที่ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน แต่สามารถคาดคะเนได้ว่ามีหรือไม่มี จากการสังเกตพฤติกรรมของคนเท่านั้นการที่จะทำให้ความพึงพอใจจะต้องศึกษาปัจจัยและองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุแห่งความพึงพอใจนั้น

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึก ความชอบ ความพอใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือทัศนคติในทางที่ดีของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เมื่ออยู่ในสภาวะของการมีความสุข เมื่อได้รับผลสำเร็จตามความมุ่งหมาย ตามความต้องการ ตามสิ่งที่ได้คาดหวังไว้ หรือแรงจูงใจที่ตนเองได้ตั้งใจไว้ ทัศนคติและความพึงพอใจเป็นคำที่สามารถใช้แทนกันได้ เพราะทั้งสองคำนี้ หมายถึง ผลที่ได้รับจากการที่บุคคลเข้าไปมีส่วนร่วมในสิ่งนั้น ทัศนคติด้านบวกจะแสดงให้เห็นสภาพความพึงพอใจในสิ่งนั้น และทัศนคติด้านลบจะแสดงให้เห็นสภาพความไม่พึงพอใจ

2.5.2 องค์ประกอบของความพึงพอใจ

การที่บุคคลหนึ่งบุคคลใดจะมีความพึงพอใจในงานมากน้อยเพียงใดจะต้องอาศัยองค์ประกอบของความพึงพอใจในงาน Luthans ได้สรุปองค์ประกอบของความพึงพอใจไว้ 3 ประการ ได้แก่ กาญจนา อรุณสุขขุจิ [17]

1. อารมณ์ตอบสนองต่อสถานการณ์ทำงานนั้น
2. อารมณ์ตอบสนองต่อการเปรียบเทียบผลตอบแทนจริงจากการทำงานกับผลตอบแทนตามความคาดหวัง
3. อารมณ์ตอบสนองที่มีต่อลักษณะต่างๆ ของงานนั้น ได้แก่ ตัวงาน ค่าจ้าง โอกาสก้าวหน้า หัวหน้างาน และเพื่อนร่วมงาน

2.5.3 การวัดความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นคุณลักษณะทางจิตของบุคคลที่ไม่อาจวัดได้โดยตรง การวัดความพึงพอใจจึงเป็นการวัดโดยอ้อม วิธีการวัดความพึงพอใจในงานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันนี้มีหลากหลายวิธีด้วยกัน จากการศึกษาวิธีการวัดความพึงพอใจของนักวิชาการหลายท่านพบประเด็นของวิธีการวัดที่คล้ายกัน จึงพอสรุปประมวลได้ดังนี้ กาญจนา อรุณสุขขุจิ[17] กล่าวว่า มาตรการวัดความพึงพอใจสามารถกระทำได้หลายวิธี

1. การใช้แบบสอบถาม โดยผู้สอบถามจะออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็น ซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าวอาจถาม ความพึงพอใจในด้านต่างๆ เช่น การบริหาร และการควบคุมงาน และเงื่อนไขต่างๆ เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรงทางหนึ่ง ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดี จึงจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงได้

3. การสังเกต เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะ แสดงออกจากการพูด กิริยาท่าทาง วิธีนี้จะต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมี ระเบียบแบบแผน

ซึ่งนักวิชาการที่ศึกษาเรื่องความพึงพอใจส่วนใหญ่จะใช้วิธีการวัดโดยใช้แบบสอบถาม โดยนำ รูปแบบของแบบสอบถามมาจากแบบถามที่มีผู้พัฒนาขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลในการวัดความ พึงพอใจที่ได้รับความนิยมและน่าเชื่อถือ

สรุป

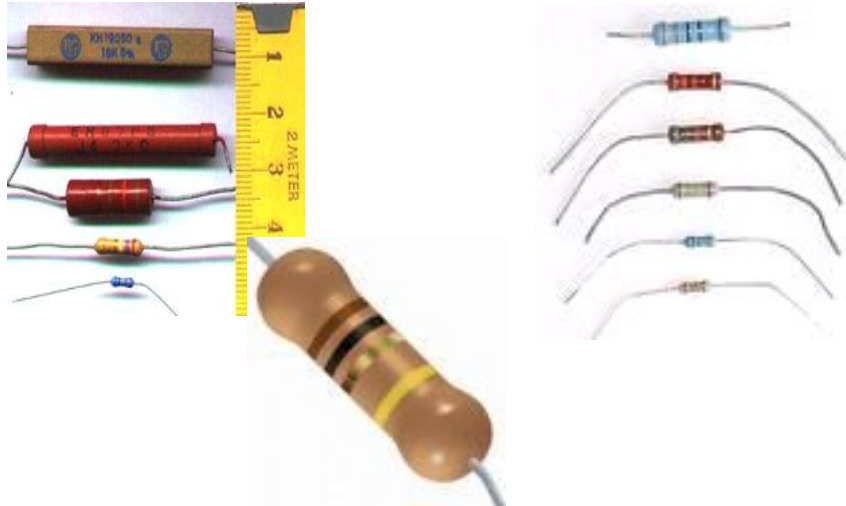
ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เรื่อง "รีซิสเตอร์และคาปา ซิสเตอร์" สำหรับนักศึกษาระดับปวช.1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการสร้าง บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เรื่อง "รีซิสเตอร์และคาปาซิสเตอร์" สำหรับนักศึกษาระดับปวช.1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี รวมทั้งศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของนักศึกษา ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เรื่อง "รีซิสเตอร์และคาปา ซิสเตอร์" การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการประเมินความพึงพอใจมาเป็นแนวทางในการพัฒนา บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เรื่อง "รีซิสเตอร์และคาปาซิสเตอร์" สำหรับนักศึกษาระดับปวช.1 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี

2.6 ตัวต้านทาน (RESISTOR) และตัวเก็บประจุ (Capacitor)

2.6.1 ตัวต้านทาน (RESISTOR) คือ อุปกรณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์ขึ้นมา เพื่อต่อร่วมกับ วงจรเพื่อบังคับให้กระแสไฟฟ้าในวงจร เปลี่ยนแปลงตามต้องการ ทำจากวัสดุที่ปล่อยให้อิเล็กตรอน หลุดจาก ตัวมันได้น้อยตัวต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm) ซึ่งเป็นนามของ George Simon Ohm ตัวต้านทานหรือ รีซิสเตอร์ มีการผลิตออกมาหลายแบบ หลักการต่อไปนี้คือนำเอาค่า ความ ต้านทานเป็นหลักสามารถ แบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

2.6.1.1 ตัวต้านทานแบ่งตามลักษณะการใช้งาน

ก. ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (**Fixed Resistor**) เป็นตัวต้านทานที่มีความต้านทานคงที่ โดยจะกำหนดค่าความต้านทานเป็นรหัส เช่น ตัวเลขโค้ดสี จะพบเห็นได้ในวงจรทั่วไป



รูปที่ 2.10 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่

โครงสร้างของตัวต้านทานค่าคงที่

กรรมวิธีในการผลิตตัวต้านทานมีด้วยกันหลายวิธี ตามแต่ชนิดของตัวต้านทาน เช่นการใช้ลวดพันรอบโครงสร้าง ของตัวต้านทาน แล้วก็ต่อขาออกมาใช้งาน รูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของตัวต้านทานคงที่

ข. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Adjustable Resistor) หรือรีซิสเตอร์แบบ (Tap Resistor) เป็นตัวต้านทานที่ใช้กับงานที่มีกำลัง วัตต์สูงๆ และงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานอยู่บ่อยๆ สามารถเลือกค่าได้ค่าหนึ่ง โดยปกติจะมี 1 ขั้ว หรือมากกว่านั้นแยกออกมาเพื่อเลือกนำไปใช้งาน เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของตัวต้านทานคงที่ (ต่อ)

ส่วนในตัวต้านทานปรับค่าได้จะมีอยู่หลายประเภท เช่น แบบหมุน ซึ่งมีทั้งแบบธรรมดาที่หมุนได้รอบเดียวที่ใช้กันทั่วไป และแบบ พิเศษที่หมุนได้หลายรอบ (Trimmer Potentiometer) และแบบ สไลด์ ซึ่งมีรูปร่างและโครงสร้างของบางแบบ เพราะว่า เมื่อมีกระแส IC ไหลผ่าน R4 ไปยังขา C ของ Q1 จะเกิดแรงดันตกคร่อม R4 ทำให้แรงดันจากแบตเตอรี่ไป ยังขา C ลดลง จะคงเหลือ 4.7 โวลต์ที่นี้เราจะรู้ค่า R4 ได้อย่างไร จากกฎของโอห์ม

$$R = E / I = VR4 / I$$

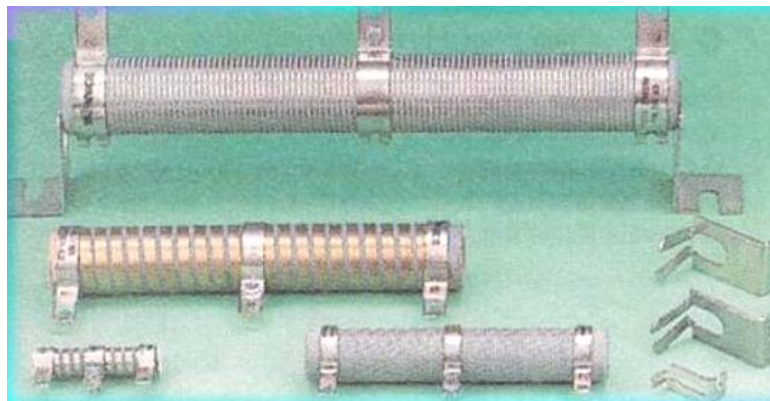
โดย E คือ แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R4 เราจะรู้ได้โดยถ้าเราต้องการให้แรงดันที่จุด 2 เท่ากับ 4.7 โวลต์ เพราะฉะนั้นแรงดันที่ตกคร่อม R4 (VR4) , $VR4 = 9 - 4.7 = 4.3$ โวลต์ แล้วค่ากระแส (I) ละ ในที่นี้เราจะมีค่าสมมติให้ $I = I_c = 1$ มิลลิแอมป์ (mA) = 0.001 แอมป์ เพราะฉะนั้นเราจะคำนวณ R4 ได้ $R = VR4 / I = 4.3 / 0.001 = 4300$ โอห์ม = 4.3 กิโลโอห์ม R1 , R2 จะทำหน้าที่เป็นตัวจัดแรงดัน เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในสถานะที่เหมาะสมและถ้าคุณใช้มิเตอร์ วัดแรงดันที่ตกคร่อม R4 (VR4) ได้ คุณก็สามารถคำนวณกระแส IC ได้เช่นกัน เพราะกระแสที่ ไหลผ่าน R4 มีค่าเท่ากับ IC โดยใช้กฎโอห์ม $I = E / R$

ค. ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนแปลงค่าได้ (Variable Resistor) เป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้อย่างต่อเนื่อง ในช่วงค่าความต้านทานที่กำหนดไว้ จะใช้ในงานที่ต้องการปรับค่าความต้านทานบ่อยๆ ตัวต้านทานชนิดนี้จะมี หน้าคอนแท็คสำหรับใช้ในการหมุนเลื่อนหน้าคอนแท็ค ใน

การปรับค่าความต้านทานโดยมีแกนยื่นออกมา เพื่อใช้สำหรับหมุนปรับค่า อย่างเช่น วอลุ่มเร่งเสียง แบบธรรมดา หรือ แบบสไลด์ อีกแบบหนึ่งไม่มีแกนหมุนเราเรียกกันว่า วอลุ่มเกือกม้า หรือ Trimpot วารีเอเบิลรีซิสเตอร์ อาจจะทำมาจาก คาร์บอน เซอร์เมท (เซรามิกผสมเงิน) หรือพลาสติกตัวนำ ตัวต้านทานชนิดนี้จะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. โปเทนซิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ตัวต้านทานชนิดนี้ส่วนใหญ่ จะมีหน้าสัมผัสเป็นแบบ ถ่าน (carbon) ดังนั้นจะ ใช้กับงานที่มีกระแสต่ำๆ เช่น เป็นตัวควบคุมระดับความดังของเสียง

2. รีโอสตัท (Reostat) ตัวต้านทานชนิดนี้จะมีหน้าสัมผัส เป็นแบบลวดพัน ดังนั้น จึงใช้กับงานที่มีกระแสมากๆ เช่น ใช้ปรับกระแส หรือแรงดันในเครื่องแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.12 ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนแปลงค่าได้

ง. ชนิดพิเศษ (Special Resistor) เป็นตัวต้านทานที่มีลักษณะพิเศษสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เปลี่ยนตาม อุณหภูมิ (Thermistor) ตัวต้านทานชนิดนี้ค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไป ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับชดเชยการ เปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิ ของวงจร หรือ ใช้เป็นตัวเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

2. เปลี่ยนตามความสว่าง (Light Dependent Resistor –LDR) ตัวต้านทานชนิดนี้ เป็นตัวต้านทานที่ไวต่อแสง โดยค่า ความต้านทานจะลดลง เมื่อความเข้มของแสงที่ตกกระทบบมีค่ามาก ส่วนใหญ่จะใช้เป็นตัวเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า



<http://www.hobby-elect.org/>

รูปที่ 2.13 ตัวต้านทานชนิดพิเศษ

2.6.1.2 แบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำ

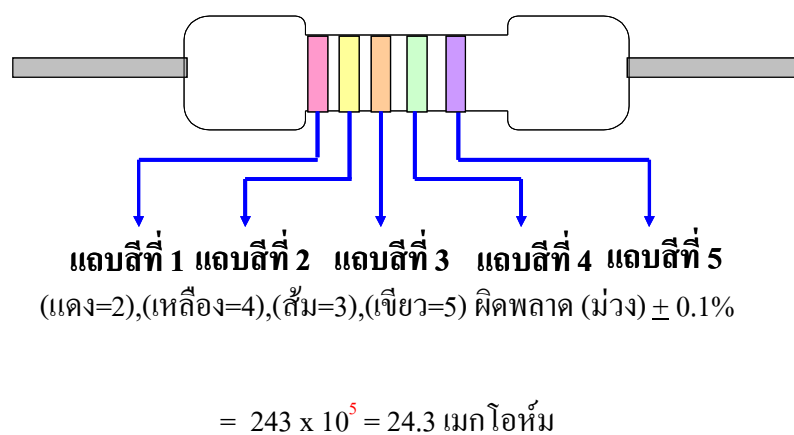
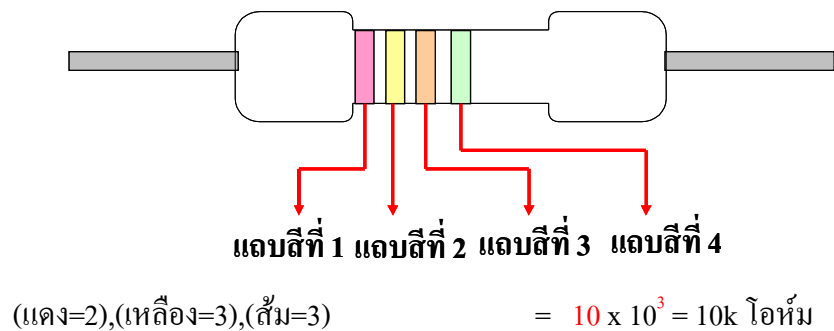
ก. แบบถ่าน (Carbon Composition Resistor) ตัวต้านทานชนิดนี้ทำมาจากผงคาร์บอน โดยนำมาอัดให้เป็นแท่ง แล้วหุ้มตัวถังด้วยฉนวน โดยปกติจะมีค่าความต้านทานตั้งแต่ค่าต่ำๆ จนถึงค่า 20MW และมีค่าทนกำลังงานขนาด 1/8, 1/4, 1/2, 1 และ 2 วัตต์ ตัวต้านทานแบบนี้ถ้ากำลังวัตต์ต่ำตัวต้านทาน จะมีขนาดเล็กและถ้ากำลังวัตต์มาก ตัวต้านทานก็จะมีขนาดใหญ่

ข. แบบลวดพัน (Wire Wound Resistor) แบบลวดพันนี้จะพบมากในตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ ซึ่งเป็นส่วนผสมจาก นิกเกิล-โครเมียม (Nikel – Cromium) หรือส่วนผสมจากทองแดง - นิกเกิล (Copper-Nikel) ลวดนี้จะพันรอบแกนฉนวนที่ทำจากเซรามิก แล้วเคลือบด้วยฉนวนอีกทีหนึ่ง ตัวต้านทานชนิดนี้ จะใช้ความยาวของขดลวด และค่าความต้านทาน จำเพาะเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทาน โดยจะมีค่าตั้งแต่เศษส่วนของโอห์ม จนถึงหลายพันโอห์ม และมีกำลังตั้งแต่ 3 วัตต์ จนถึงหลายพันวัตต์ ดังนั้นส่วนใหญ่จะพบมากในตัวต้านทานชนิดเลือกค่าได้ และจะใช้งานในงานที่มีกระแสสูงๆ และทนกำลังงานได้สูง

ค. แบบฟิล์ม (Film Type Resistor) ตัวต้านทานชนิดนี้จะทำจากฟิล์มบางๆ ของแก้วและโลหะ หลอมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปเคลือบแกนที่ทำมาจากผลึกของเซรามิก และให้ค่าความต้านทานอยู่ในช่วงเดียวกับตัวต้านทานแบบถ่าน จะเห็นได้ว่า คุณสมบัติความหนาของฟิล์มบางๆ ที่เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ง่าย ดังนั้น ค่าความต้านทานที่ได้จึงมีค่าแน่นอน มาก ไม่เหมือนกับแบบถ่าน เพราะจะควบคุมที่ส่วนผสมของถ่านคาร์บอน จึงทำให้ค่าความต้านทานไม่แน่นอน ดังนั้น ตัวต้านทานชนิดฟิล์มนี้จึงมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำ ซึ่งจะนำไปใช้งานทางเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าต่างๆ

ตารางที่ 2.2 การอ่านรหัสสีความต้านทาน (Resistor color code)

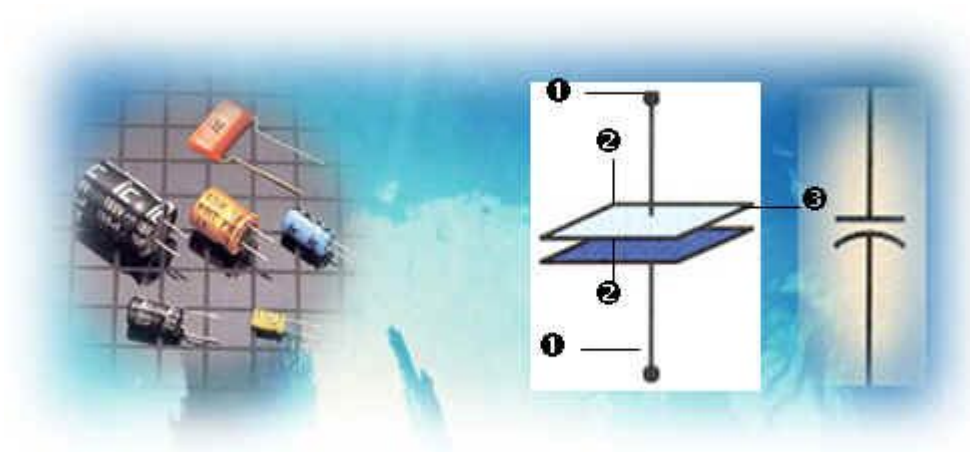
รหัสสี (Color Code)	แถบสีที่ 1 ตำแหน่ง 1	แถบสีที่ 2 ตำแหน่ง 2	แถบสีที่ 3 ตัวคูณ	แถบสีที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ผิดพลาด
ดำ	0	0	1	20%(M)
น้ำตาล	1	1	10	1%(F)
แดง	2	2	100	2%(G)
ส้ม	3	3	1,000	-
เหลือง	4	4	10,000	-
เขียว	5	5	100,000	0.5%(D)
น้ำเงิน	6	6	1,000,000	0.25%(C)
ม่วง	7	7	-	0.1%(B)
เทา	8	8	-	0.05%(A)
ขาว	9	9	-	-
ทอง	-	-	0.1	5%(J)
เงิน	-	-	0.01	10%(K)



รูปที่ 2.14 การอ่านค่าสี 4 แถบสีและ 5 แถบสี

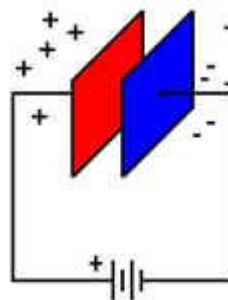
2.6.2 ตัวเก็บประจุ (Capacitor) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้ นิยมนำมาประกอบในวงจรทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ตัวอย่างเช่นวงจรกรองกระแส (Filter) วงจรผ่านสัญญาณ (By-pass) วงจรสตาร์ทเตอร์ (Starter) วงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling) ฯลฯ เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ แบบค่าคงที่ แบบเปลี่ยนแปลงค่าได้และแบบเลือกค่าได้ ตัวเก็บประจุเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าคอนเดนเซอร์หรือเรียกย่อๆ ว่าตัวซี (C) หน่วยของตัวเก็บประจุคือ ฟารัด (Farad)

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บประจุ (Charge) และสามารถคายประจุ (Discharge) ได้โดยนำสารตัวนำ 2 ชิ้นมาวางในลักษณะขนานใกล้ ๆ กัน แต่ไม่ได้ต่อกัน ระหว่างตัวนำทั้งสองจะถูกกั้นด้วยฉนวนที่เรียกว่าไดอิเล็กตริก (Dielectric) ซึ่งไดอิเล็กตริกนี้อาจจะเป็นอากาศ ไม้ก้ำ พลาสติก เซรามิกหรือสารที่มีสภาพคล้ายฉนวนอื่น ๆ เป็นต้น โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.15 แสดงรูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

จากรูปที่ 2.17 แสดงลักษณะโครงสร้างของตัวเก็บประจุ โดยที่ ❶ หมายถึงจุดที่ต่อใช้งานกับวงจร ❷ หมายถึงสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท ❸ หมายถึงฉนวน ในที่นี้คืออากาศ ความจุทางไฟฟ้าเกิดจากการป้อนแรงเคลื่อนให้กับขั้วทั้งสองของจุดที่ต่อใช้งานของสารตัวนำซึ่งจะทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท จะทำให้เกิดค่าความจุทางไฟฟ้าขึ้น ลักษณะนี้เรียกว่าการเก็บประจุ (Charge) เมื่อต้องการนำไปใช้งานเรียกว่าการคายประจุ (Discharge) ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณแผ่นเพลทมีหน่วยเป็นคูลอมป์ (Coulomb) ส่วนค่าความจุทางไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) รายละเอียดดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.16 แสดงการเกิดความจุจากการป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้า

2.6.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการเก็บประจุ

ก. พื้นที่หน้าตัดของสารตัวนำที่เป็นแผ่นเพลท เขียนแทนด้วยอักษร A ถ้าพื้นที่หน้าตัดมาก แสดงว่าสามารถเก็บประจุได้มาก ถ้าพื้นที่หน้าตัดน้อยแสดงว่าเก็บประจุได้น้อย เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปนั้นจะประกอบไปด้วยตัวเก็บประจุขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมาก ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะเก็บประจุได้มากเพราะมีพื้นที่หน้าตัดมากนั่นเอง

ข. ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสอง เขียนแทนด้วยอักษร d ถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กัน ความจุจะมีค่ามากถ้าอยู่ในตำแหน่งที่ไกลกันความจุจะมีค่าน้อย

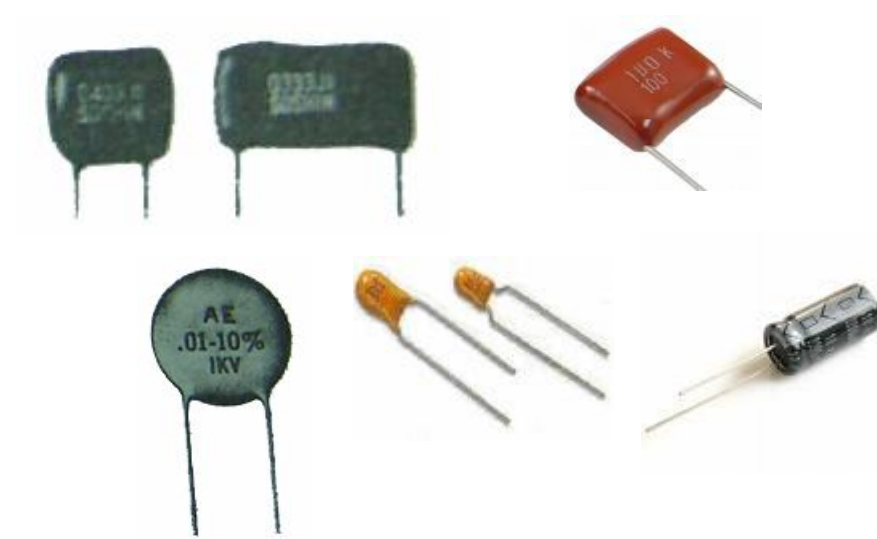
ค. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ϵ ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกเป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นเมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลท ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกแต่ละตัวจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกต่างกันถึงแม้จะมีขนาดเท่ากัน ค่าความจุและอัตราทนแรงดันอาจแตกต่างกันออกไป วัสดุอากาศเป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น การจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากเกินไปจนพิกัด อาจทำให้ไดอิเล็กตริกสูญเสียสภาพจากฉนวนกลายเป็นตัวนำได้

2.6.2.2 ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีมากมาย เราสามารถแบ่งชนิดของตัวเก็บประจุตามลักษณะทางโครงสร้างหรือตามสารที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริก การแบ่งโดยใช้สารไดอิเล็กตริกเป็นวิธีการที่ค่อนข้างละเอียดเพราะว่าค่าไดอิเล็กตริกจะเป็นตัวกำหนดค่าตัวเก็บประจุนั้น ๆ ว่าจะนำไปใช้งานในลักษณะใด ทนแรงดันเท่าใด แต่ถ้าหากแบ่งตามระบบเก่าที่เคยแบ่งกันมาจะสามารถแบ่งตัวเก็บประจุได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

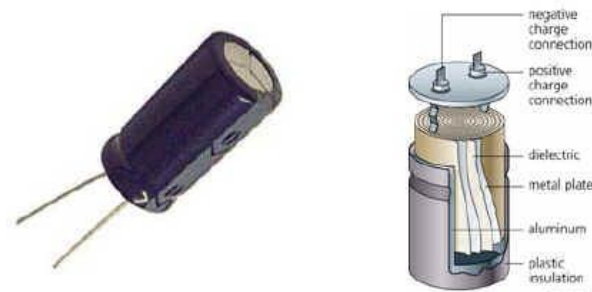
1. ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่(FixedCapacitor)
2. ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้(VariableCapacitor)
3. ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

1. ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor)คือตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติจะมีรูปลักษณะเป็นวงกลม หรือเป็นทรงกระบอก ซึ่งมักแสดงค่าที่ตัวเก็บประจุ เช่น 5 พิโกฟารัด (pF) 10 ไมโครฟารัด (μ F) แผ่นเพลทตัวนำมักใช้โลหะและมีไดอิเล็กตริกประเภท ไมก้า เซรามิก อิเล็กโตรไลติกชั้นกลาง เป็นต้น การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่นี้จะเรียกชื่อตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ เช่น ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลติก ชนิดเซรามิก ชนิดไมก้า เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่มีใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปมีดังรูปที่ 2.19



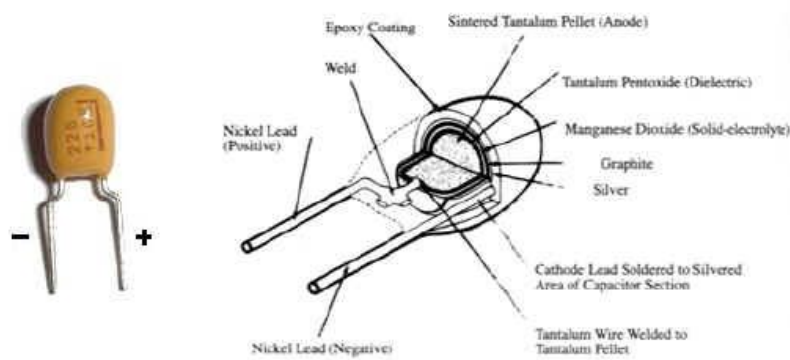
รูปที่ 2.17 แสดงตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ชนิดต่างๆ

ชนิดอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Capacitor) เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ค่าความจุสูง มีขั้วบวกลบ เวลาใช้งานต้องติดตั้งให้ถูกขั้ว โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสียคือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมาก



รูปที่ 2.18 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์

ชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์ (Tantalum Electrolyte Capacitor) ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการความผิดพลาดน้อยใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ มักจะใช้ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์แทนชนิดอิเล็กโทรไลต์ธรรมดาเพราะให้ค่าความจุสูงเช่นกัน โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นตัวนำทำมาจากแทนทาลัมและแทนทาลัมเปอร์ออกไซด์อีกแผ่น นอกจากนี้ยังมีแมงกานีสไดออกไซด์ เงิน และเคลือบด้วยเรซิน ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์

ชนิดไบโพลาร์ (Bipolar Capacitor) นิยมใช้กันมากในวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเครื่องขยายเสียง เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโทรไลต์ แต่ไม่มีขั้วบวกกลับ บางครั้งเรียกสั้น ๆ ว่า ไบแคป



รูปที่ 2.20 ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์

ชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด (μF) นิยมใช้กันทั่วไปเพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิงความถี่วิทยุข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกคือมีการสูญเสียมาก



รูปที่ 2.21 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

ชนิดไมลาร์ (Mylar Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่ามากกว่า 1 ไมโครฟารัด (μF) เพราะฉะนั้นในงานบางอย่างจะใช้ไมลาร์แทนเซรามิก เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและการรั่วไหลของกระแสน้อยกว่าชนิดเซรามิก เหมาะสำหรับวงจรกรองความถี่สูง วงจรภาคไอเอฟของวิทยุ, โทรทัศน์ ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์จะมีตัวถังที่ใหญ่กว่าเซรามิกในอัตราทนแรงดันที่เท่ากัน



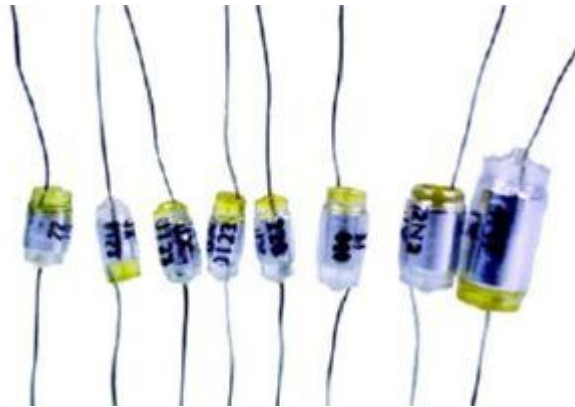
รูปที่ 2.22 ตัวเก็บประจุชนิดไมลาร์

ชนิดฟีดทรู (Feed-through Capacitor) ลักษณะ โครงสร้างเป็นตัวถังทรงกลมมีขาใช้งานหนึ่งหรือสองขา ใช้ในการกรองความถี่รบกวนที่เกิดจากเครื่องยนต์มักใช้ในวิทยุรถยนต์



รูปที่ 2.23 ตัวเก็บประจุชนิดฟีดทรู

ชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าน้อยระดับนาโนฟารัด (nF) มีข้อดีคือให้ค่าการสูญเสียและกระแสรั่วไหลน้อยมาก นิยมใช้ในงานคับปลิงความถี่วิทยุและวงจรที่ต้องการความละเอียดสูง จัดเป็นตัวเก็บประจุระดับเกรด A



รูปที่ 2.24 ตัวเก็บประจุชนิดโพลีสไตรีน

ชนิดซิลเวอร์ไมก้า (Silver Mica Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่า 10 พิโกฟารัด (pF) ถึง 10 นาโนฟารัด (nF) เพอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อย นิยมใช้กับวงจรความถี่สูง จัดเป็นตัวเก็บประจุนับเกรด A อีกชนิดหนึ่ง



รูปที่ 2.25 ตัวเก็บประจุชนิดซิลเวอร์ไมก้า

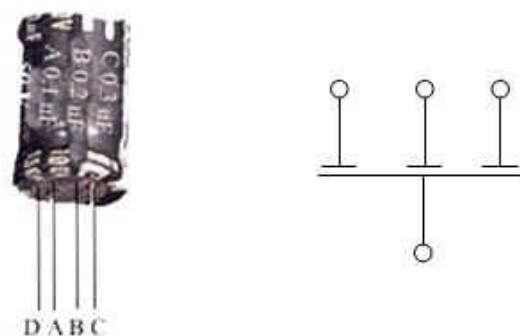
2. ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) ค่าการเก็บประจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน โครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 แผ่นหรือมากกว่าวางใกล้กัน แผ่นหนึ่งจะอยู่กับที่ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ได้ ได้อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้มีหลายชนิดด้วยกันคือ อากาศ ไมก้า เซรามิก และพลาสติก เป็นต้น



รูปที่ 2.26 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้อีกชนิดหนึ่งที่เป็นที่รู้จักกันดีคือทริมเมอร์และแพดเดอร์ (Trimmer and Padder) โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นโลหะ 2 แผ่นวางขนานกัน ในกรณีที่ต้องการปรับค่าความจุ ให้ใช้ไขควงหมุนสลักตรงกลางค่าที่ปรับจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 พิโกฟารัด (pF) ถึง 20 พิโกฟารัด (pF) การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบนี้ว่าทริมเมอร์หรือแพดเดอร์นั้นขึ้นอยู่กับว่าจะนำไปต่อในลักษณะใด ถ้านำไปต่อขนานกับตัวเก็บประจุตัวอื่นจะเรียกว่า ทริมเมอร์ แต่ถ้านำไปต่ออนุกรมจะเรียกว่า แพดเดอร์

3. ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) คือตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่าดังแสดงในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.27 ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้

2.6.2.3 หน่วยความจุ ค่าความจุของตัวเก็บประจุหมายถึงความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (Farad) เขียนแทนด้วยอักษรภาษาอังกฤษตัวเอฟ (F) ตัวเก็บประจุที่มีความสามารถในการเก็บประจุได้ 1 ฟารัดหมายถึงเมื่อป้อนแรงเคลื่อนจำนวน 1 โวลต์ จ่ายกระแส 1 แอมแปร์ ในเวลา 1 วินาที ให้กับแผ่นเพลททั้งสอง สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้ 1 คูลอมบ์ ในงานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์จะไม่

ค่อนิยมใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากเป็นฟารัด เพราะฉะนั้นค่าของตัวเก็บประจุที่พบในวงจรต่าง ๆ จึงมีค่าเพียงไมโคร นาโน และพิโกฟารัด ค่าต่าง ๆ สามารถแสดงค่าได้ดังนี้

1 ฟารัด (F)	เท่ากับ	1,000,000 ไมโครฟารัด (μ F)
1 ไมโครฟารัด (μ F)	เท่ากับ	1,000 นาโนฟารัด (nF)
1 นาโนฟารัด (nF)	เท่ากับ	1,000 พิโกฟารัด (pF)

จากความสัมพันธ์ของค่าการเก็บประจุ ประจุไฟฟ้าและแรงดัน สามารถเขียนเป็นสูตรความสัมพันธ์ได้ดังนี้คือ

$$C = \frac{Q}{V}$$

C = ค่าการเก็บประจุมีหน่วยเป็นฟารัด (F)

Q = ประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมบ์(C)

V = แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลท์(V)

ค่าความจุจะพิมพ์ติดไว้บริเวณตัวเก็บประจุ ตัวอย่างเช่น 150 μ F 100V, 10 μ F 50V ตัวเก็บประจุบางตัวแสดงค่าเป็นรหัสตัวเลข เช่น 103 วิธีการอ่านค่าจะใช้วิธีเดียวกับการอ่านค่าแถบสีตัวต้านทาน สีที่ 1 และ 2 จะเป็นตัวตั้ง ส่วนสีที่ 3 หมายถึงตัวคูณ แล้วอ่านค่าเป็นหน่วยพิโกฟารัด จากในรูปที่ 13 เขียนตัวเลข 103 บนตัวเก็บประจุจะอ่านค่าได้ 10 และเติม 0 ไปอีก 3 ตัว ทำให้ได้ค่า 10,000 pF หรือมีค่าเท่ากับ 0.01 μ F



รูปที่ 2.28 แสดงค่าความจุและรหัสตัวเลขที่พิมพ์ติดไว้บริเวณตัวเก็บประจุ

2.6.2.4 การอ่านค่าความจุ การอ่านค่าความสามารถกระทำได้ตามวิธีที่อธิบายดังกล่าว แต่ในปัจจุบัน ตัวเก็บประจุได้ผลิตออกมามากมาย วิธีการอ่านก็มีหลากหลายวิธีมาก ดังนั้นผู้เขียนจะแสดงรูปและอธิบายวิธีการอ่านแต่ละตัวพอสังเขป เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป นอกจากนี้ตัวเก็บประจุได้แสดงค่าผิดพลาดและอัตราทนแรงดันไว้บนตัวเป็นอักษรภาษาอังกฤษเอาไว้แต่ละตัวมีความหมายดังนี้คือ

ตารางที่ 2.3 แสดงอักษรที่บอกค่าผิดพลาดและอัตราทนแรงดันบนตัวเก็บประจุ

อักษรตัวที่ 1	ค่าความผิดพลาด (%)	อักษรตัวที่ 2	อัตราทนแรงดัน (VDC)
D	5	A	50
F	1	B	125
G	2	C	160
H	2.5	D	250
J	5	E	350
K	10	G	700
M	20	H	1,000

ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 100 μF

ค่าผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์

อัตราทนแรงไฟ 40 V

ผลิตที่ประเทศเยอรมัน

MF หมายถึง ไมโครฟารัด

D ค่าผิดพลาด 5 เปอร์เซ็นต์

W-GERMANY ประเทศผู้ผลิต



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 0.01 μF

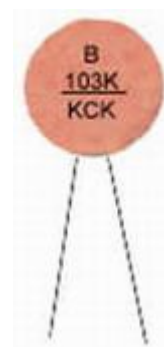
B อัตราทนแรงดัน 125 V

103 มีความหมายดังนี้คือ

1 หมายถึงตัวตั้งตัวที่ 1

0 หมายถึงตัวตั้งตัวที่ 2

3 หมายถึงเติม 0 ไป 3 ตัว



อ่านค่าได้ 10,000 pF หรือ 0.01 μF
 K ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์

ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 0.05 μF
 ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์
 503 มีความหมายดังนี้คือ
 5 หมายถึงตัวตั้งตัวที่ 1
 0 หมายถึงตัวตั้งตัวที่ 2
 3 หมายถึงเติม 0 ไป 3 ตัว
 อ่านค่าได้ 50,000 pF หรือ 0.05 μF
 A อัตราทนแรงดัน 50 V



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 150 μF
 อัตราทนแรงไฟ 100 V
 μF หมายถึง ไมโครฟารัด



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 0.1 μF
 ค่าผิดพลาด 0.1 เปอร์เซ็นต์
 μF หมายถึง ไมโครฟารัด
 63 หมายถึงอัตราทนแรงไฟ 63 V
 B ค่าผิดพลาด 0.1 เปอร์เซ็นต์



ตัวเก็บประจุนี้มีความจุ 0.02 μF
 ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์
 อัตราทนแรงไฟ 60 V
 กรณีที่มีจุดทศนิยมนำหน้าให้อ่าน
 หน่วยออกมาเป็นไมโครฟารัด
 K ค่าผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.29 แสดงการอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุชนิดต่างๆ

2.6.2.5 หน่วยความจุ ที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นหน่วยพิโกฟารัดและไมโครฟารัด เมื่ออ่านค่าเป็นพิโกฟารัด และต้องการแปลงเป็นหน่วยไมโครฟารัด สามารถทำการเทียบกับหน่วยจาก 1,000,000 พิกอฟารัด เท่ากับ 1 ไมโครฟารัด แล้วเทียบค่าออกมา ดังนี้

ตัวอย่าง 1 อ่านค่าตัวเก็บประจุได้ 50,000 พิกอฟารัด แปลงเป็นหน่วยไมโครฟารัดได้เท่าใด

1,000,000 พิกอฟารัดมีค่า = 1 ไมโครฟารัด

50,000 พิกอฟารัดมีค่า = $(50,000 \times 1) / 1,000,000$

เพราะฉะนั้นตัวเก็บประจุมีค่า = $0.05 \mu F$

ตัวอย่าง 2 อ่านค่าตัวเก็บประจุได้ 470,000 พิกอฟารัด แปลงเป็นหน่วยไมโครฟารัดได้เท่าใด

1,000,000 พิกอฟารัดมีค่า = 1 ไมโครฟารัด

470,000 พิกอฟารัดมีค่า = $(470,000 \times 1) / 1,000,000$

เพราะฉะนั้นตัวเก็บประจุมีค่า = $0.47 \mu F$

ในกรณีที่ตัวเก็บประจุแสดงค่าเป็นแถบสีนิยมใช้กับตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมซึ่งจะมีแบบ 3 แถบสี และ 5 แถบสี วิธีการก็จะคล้าย ๆ กับการอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน โดยจะแสดงรูปและอธิบายวิธีการอ่านแต่ละตัวพอสังเขป เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปดังนี้

แถบที่ 1 สีแดงมีค่าเท่ากับ 2

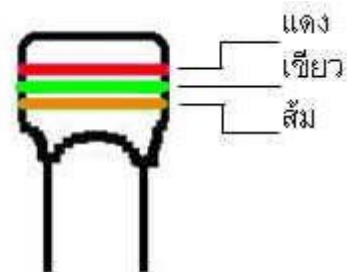
แถบที่ 2 สีเขียวมีค่าเท่ากับ 5

แถบที่ 3 สีส้มมีค่าเท่ากับ 3

สีที่ 1 และสีที่ 2 เป็นตัวตั้ง

สีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือตัวเติมศูนย์

อ่านค่าได้ 25,000 พิกอฟารัด



แถบที่ 1 สีแดงมีค่าเท่ากับ 2

แถบที่ 2 สีเขียวมีค่าเท่ากับ 5

แถบที่ 3 สีเหลืองมีค่าเท่ากับ 4

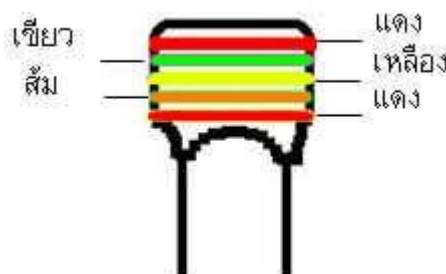
แถบที่ 4 สีส้มมีค่าเท่ากับ 3

สีที่ 1 สีที่ 2 และสีที่ 3 เป็นตัวตั้ง

สีที่ 4 เป็นตัวคูณ หรือตัวเติมศูนย์

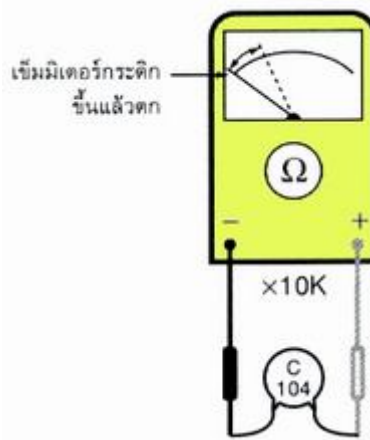
สีที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาด

อ่านค่าได้ 254,000 พิกอฟารัด 2 %



รูปที่ 2.30 แสดงการอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุชนิดแสดงค่าเป็นแถบสี

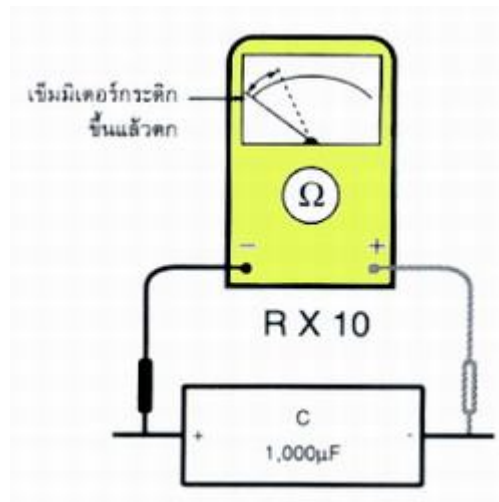
2.6.2.6 การตรวจวัดตัวเก็บประจุด้วยโอห์มมิเตอร์ การตรวจวัดตัวเก็บประจุด้วยโอห์มมิเตอร์ ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ให้ชี้ 0 Ω ตลอดทุกย่าน เพราะการเช็คตัวเก็บประจุด้วยโอห์มมิเตอร์ เป็นเพียงการเช็คการลัด (รั่ว) และการชอร์ตของตัวเก็บประจุ จึงไม่จำเป็นต้องอ่านความต้านทาน แต่จะดูสภาวะการขึ้นและลงของเข็มมิเตอร์ การใช้โอห์มมิเตอร์ตรวจวัดตัวเก็บประจุจะใช้ได้สำหรับตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูงๆ และถ้าเป็นค่าความจุต่ำ ก็ไม่ควรจะต่ำกว่า 0.001 m F หรือโดยทั่วไปไม่ควรต่ำกว่า 0.1 μ F แต่ถ้าต้องการตรวจวัดตัวเก็บประจุ ที่มีความจุต่ำกว่า 0.001 μ F การตรวจวัดทำได้โดยใช้ AC โวลต์มิเตอร์ ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟ AC เพื่อตรวจวัดการลัด (รั่ว) ของตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.31 การวัดตัวเก็บประจุชนิดไม่มีขั้วบวกลบด้วยโอห์มมิเตอร์

หมายเหตุ

1. การวัดการกระดิกของเข็มมิเตอร์ในย่าน $R \times 10k$ ก่อนการวัดจะต้องปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ให้พร้อมใช้งาน คือเมื่อชอร์ตปลายเข็มวัดของโอห์มมิเตอร์เข้าด้วยกันเข็มมิเตอร์จะชี้ 0 Ω พอดี
2. ค่าโอห์มที่อ่านออกมาได้ จากการกระดิกขึ้นสูงสุดของเข็มมิเตอร์ไม่ต้องนำค่า $\times 10k$ มาคูณให้อ่านจากสเกลโอห์มที่หน้าปัดของมิเตอร์ได้เลย ค่าที่เขียนในตารางที่ 3 เป็นค่าโดยประมาณ และเป็นค่าที่วัดได้จากตัวเก็บประจุค่าปกติ
3. ข้อควรระวัง ในย่าน $R \times 10k$ ของโอห์มมิเตอร์ หากจับปลายเข็มวัดทั้งสองของโอห์มมิเตอร์ด้วยมือทั้งสองด้าน เข็มมิเตอร์จะขึ้นค้างคงที่ค่าหนึ่งตลอดเวลา อาจทำให้เข้าใจผิด ในการตรวจวัดตัวเก็บประจุ ดังนั้นหากจำเป็นต้องจับปลายเข็มวัดกับตัวเก็บประจุเพื่อทำการวัด ควรจับปลายเข็มวัดกับตัวเก็บประจุเพียงด้านเดียว อีกด้านหนึ่งให้จับฉนวนของเข็มวัดและนำไปวัดขาเก็บประจุขาที่เหลือ
4. หากการกระดิกของเข็มมิเตอร์ขึ้นน้อยกว่าปกติ ค่าการกระดิกของเข็มมิเตอร์ในสภาวะปกติจะเป็นเท่าไร ขึ้นอยู่กับขนาดความจุของตัวเก็บประจุจะวัดได้โดยประมาณตามตารางที่ 3 การกระดิกขึ้นน้อยกว่าปกตินี้แสดงว่าเก็บประจุมีค่าความจุลดลง



รูปที่ 2.32 การตรวจวัดตัวเก็บประจุแบบมีขั้วบวกลบด้วยโอห์มมิเตอร์

ตัวเก็บประจุแบบมีขั้วบางตัว การวัดด้วยโอห์มมิเตอร์ดังกล่าวอาจจะวัดครั้งหนึ่งเข็มมิเตอร์ขึ้นแล้วตกลงสุดสเกล และถ้าวัดอีกครั้งหนึ่งโดยการสลับสายวัดของโอห์มมิเตอร์ เข็มมิเตอร์อาจจะขึ้นค้างไม่ตก หรือตกไม่สุดซึ่งจะกล่าวได้ว่าการวัดทั้งสองครั้งเข็มมิเตอร์ ขึ้นแล้วตกครั้งหนึ่ง ขึ้นแล้วค้างครั้งหนึ่ง การวัดตัวเก็บประจุในลักษณะนี้ก็คือได้ว่าตัวเก็บประจุนี้ดีเช่นเดียวกัน การเกิดลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติของตัวเก็บประจุแบบมีขั้วนั่นเอง เมื่อตรวจวัดโอห์มมิเตอร์เข้ากับตัวเก็บประจุแบบมีขั้ว แบตเตอรี่ของโอห์มมิเตอร์ที่จ่ายออกมาถ้าขั้วของแบตเตอรี่ตรงกับขั้วของตัวเก็บประจุจะทำให้คุณสมบัติของตัวเก็บประจุนั้นเป็นตัวเก็บประจุโดยสมบูรณ์ การตรวจวัดเข็มมิเตอร์จะขึ้นแล้วตก แต่ถ้าขั้วของแบตเตอรี่มีขั้วตรงกันข้ามกับขั้วของตัวเก็บประจุ จะทำให้คุณสมบัติของตัวเก็บประจุนั้นเป็นตัวเก็บประจุที่ไม่สมบูรณ์ การตรวจวัดจึงทำให้ขึ้นแล้วค้าง หรือตกไม่สุดการวัดตัวเก็บประจุแบบมีขั้วจะสรุปผลได้ดังนี้

1. ในการใช้โอห์มมิเตอร์ตรวจวัดตัวเก็บประจุทั้งสองครั้งดังกล่าวถ้าเข็มมิเตอร์กระดิกขึ้นแล้วค้างไม่ตก หรือเข็มมิเตอร์จะค่อย ๆ เคลื่อนไปทางขวามือมากขึ้นเรื่อยๆ หรือขึ้นแล้วตกไม่สุดทั้งสองครั้งแสดงว่าตัวเก็บประจุนี้นี้ดี(ร่ว)
2. ในการใช้โอห์มมิเตอร์ตรวจวัดตัวเก็บประจุทั้งสองครั้งดังกล่าวถ้าเข็มมิเตอร์ดีไปสุดสเกลด้านขวามือ(ด้าน 0Ω) ทั้งสองครั้งแสดงว่าตัวเก็บประจุนี้นี้ชอร์ต
3. ในการใช้โอห์มมิเตอร์ตรวจวัดตัวเก็บประจุทั้งสองครั้งดังกล่าวถ้าเข็มมิเตอร์ไม่ขึ้นเลยทั้งสองครั้งแสดงว่าตัวเก็บประจุนี้นี้ขาด
4. ตัวเก็บประจุแต่ละค่า เมื่อวัดด้วยโอห์มมิเตอร์เข็มมิเตอร์ของโอห์มมิเตอร์จะกระดิกขึ้นไม่เท่ากัน ตัวเก็บประจุมีค่าความจุมาก เข็มมิเตอร์จะกระดิกขึ้นมาก ตัวเก็บประจุมีค่าความจุน้อย เข็มมิเตอร์จะกระดิกขึ้นน้อยซึ่งค่าการกระดิกของเข็มมิเตอร์จะมีระดับปกติเท่าไร จะวัดได้โดยประมาณ

ตารางที่ 2.4 การวัดการกระดิกของโอห์มมิเตอร์ ในการวัดค่าความจุของตัวเก็บประจุ และต้องให้โอห์มมิเตอร์ขณะชอร์ตปลายสายวัดเข็มมิเตอร์ต้องชี้ 0 Ω พอดีทุกย่าน

ย่านโอห์มที่ตั้ง	ค่าความจุของ C (μ F)	ค่าโอห์มที่เข็มกระดิกอ่านจากสเกลโอห์ม
Rx1k	1	180 Ω
	2.2	60 Ω
	3.3	40 Ω
	4.7	30 Ω
	6.8	20 Ω
	10	10 Ω
	22	5 Ω
	33	2 Ω
Rx10	47	400 Ω
	100	160 Ω
	220	40 Ω
	330	30 Ω
	470	25 Ω
	1,000	15 Ω
Rx1	2,200	80 Ω
	4,700	30 Ω
	10,000	10 Ω
	15,000	5 Ω
	22,000	2 Ω

จากตารางที่ 2.4 ถ้าการกระดิกของเข็มมิเตอร์ที่วัดได้น้อยกว่าปกติ แสดงว่าตัวเก็บประจุตัวนี้มีค่าความจุลดลง

หมายเหตุ

1. การตั้งย่านวัดค่าโอห์มแต่ละย่าน ก่อนการวัดจะต้องปรับแต่งโอห์มมิเตอร์ให้พร้อมใช้งาน คือเมื่อชอร์ตปลายเข็มวัดของโอห์มมิเตอร์เข้าด้วยกัน เข็มมิเตอร์ต้องชี้ที่ 0 Ω พอดี และต้องปรับแต่งทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนย่านวัด

2. ค่าโอห์มที่อ่านออกมาได้จากการกระดิกขึ้นสูงสุดของเข็มมิเตอร์ ไม่ต้องนำค่าตัวคูณที่ตั้งย่านแต่ละย่านคูณ ให้อ่านจากสเกลโอห์มที่หน้าปัดของมิเตอร์ได้เลย ค่าที่เขียนในตารางที่ 5 เป็นค่าโดยประมาณ และเป็นค่าที่วัดได้จากตัวเก็บประจุค่าปกติ

ข้อควรระวัง

1. การใช้โอห์มมิเตอร์วัดตัวเก็บประจุ จะต้องทำการวัดนอกวงจรโดยปลดขาคตัวเก็บประจุจากขาหนึ่งออกจากวงจร และถ้าเป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูง ก่อนการวัดด้วยโอห์มมิเตอร์ ต้องทำการชอร์ตขาคของตัวเก็บประจุทั้งสองเข้าด้วยกันก่อน เพื่อทำการคายประจุแรงดันในตัวเก็บประจุ

เสียก่อน แล้วจึงทำการตรวจวัดด้วยโอห์มมิเตอร์เพื่อป้องกันโอห์มมิเตอร์ชำรุด และป้องกันการถูกไฟดูดจากค่าแรงดันในตัวเก็บประจุ

2. การตั้งย่านวัดของโอห์มมิเตอร์ ตั้งแต่ย่าน Rx1k ขึ้นไป ในการตรวจวัดตัวเก็บประจุห้ามใช้มือของผู้วัด จับปลายเข็มวัดทั้งสองของโอห์มมิเตอร์ด้วยมือทั้งสองข้าง เพราะเข็มมิเตอร์จะกระดิกขึ้นเนื่องจากมีกระแสจากโอห์มมิเตอร์ไหลผ่านตัวผู้วัด ทำให้การวัดค่าผิดพลาด แต่ถ้าจับปลายเข็มวัดด้านเดียวหรือสายเดียวไม่เป็นไร

3. อาการเสียของตัวเก็บประจุที่พบบ่อย ได้แก่ ตัวเก็บประจุลึก (รั่ว) ชอร์ต และค่าความจุลด ค่าความจุมากกว่า 1^uF ขึ้นไป อาการเสียจากตัวเก็บประจุลึก (รั่ว) ชอร์ต และลดค่าลงจะพบได้บ่อยมาก ส่วนค่าความจุที่น้อยกว่า 1^uF ลงมา อาการเสียจากค่าดังกล่าวจะเกิดน้อยและไม่บ่อย

4. การเปลี่ยนตัวเก็บประจุ ควรจะเปลี่ยนตัวเก็บประจุให้มีทั้งค่าความจุและค่าทนแรงดันเท่าเดิม (ค่าทนแรงดันจะมากกว่าค่าเดิมได้ แต่น้อยกว่าค่าเดิมไม่ได้) ค่าความจุไม่ควรใช้มากหรือน้อยกว่าเดิมเพราะอาจจะทำให้วงจรนั้นๆ ทำงานผิดพลาด จนอาจทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เครื่องนั้นชำรุดเสียหายได้หรือใช้งานไม่ได้

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เสาวคนธ์ อุ่นยนต์ [19] ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดีย วิชา คอมพิวเตอร์เบื้องต้นและศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดียกับการสอนแบบปกติ กลุ่มประชากรได้แก่นักศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาพาณิชยกรรม วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 8 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 350 คน และกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบเป็นกลุ่ม(Cluster Sampling) โดยใช้วิธีจับสลากห้องเรียน ให้ห้องแรกเป็นกลุ่มทดลอง เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดีย ให้ห้องที่สองเป็นกลุ่มควบคุม เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ หลังจากทีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเรียนจบในบทเรียนแล้วทำการทดสอบด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทันที จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ Z-test ผลการวิเคราะห์พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดียที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 90.78/86.78 และ 88.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พอใช้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดีย และกลุ่มนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดียให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าวิธีการสอนแบบปกติ

ปิสุดา ดาวเรือง [20] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์บนอินเทอร์เน็ตวิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา SMIL ซึ่งมีพื้นฐานมาจากภาษา SGML ใช้สำหรับควบคุมการเล่นมัลติมีเดีย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชันปีที่ 2 สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตพระนครใต้ ปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์บนอินเทอร์เน็ต วิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการประกอบด้วยระบบจัดการบทเรียน แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนธนาคารข้อสอบ ระบบจัดการข้อมูลของผู้ใช้งาน ระบบควบคุมบทเรียน ระบบติดตามและรายงานผลผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์บนอินเทอร์เน็ตแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบทดสอบรวม และแบบสอบถามสำหรับผู้ใช้บทเรียน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิควิธีการ ผลของการวิจัยพบว่าบทเรียนดังกล่าวมีประสิทธิภาพ 84.97/81.28 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งสมมติฐานไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยใช้การทดสอบค่าที่แบบจับคู่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์บนอินเทอร์เน็ตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และจากการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนพบว่าอยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.364 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.224) สรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์บนอินเทอร์เน็ต วิชาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ที่สร้างมีประสิทธิภาพดี สามารถนำไปใช้ได้

นมล โสมไชชยา [21] ได้ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดียที่ใช้ภาพนิ่ง การเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดียที่ใช้ภาพเคลื่อนไหว พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ภาพเคลื่อนไหวมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดียที่ใช้ภาพนิ่ง

ดารศน์ อรุณประเสริฐ [22] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่องอาหารหลัก 5 หมู่ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 1 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 90/90 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดพลับพลาชัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 48 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องอาหารหลัก 5 หมู่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินคุณภาพบทเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย ผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ปรากฏว่าคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้าน

เนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก และจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษาอยู่ในระดับดี และบทเรียนมีประสิทธิภาพ 93.55/90.55

พรนิภา ถาวะโร [23] ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เรื่อง การจัดการไฟล์และดิสก์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พี สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 85/85 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ มีดังนี้ คุณภาพจากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อเทคโนโลยีทางการศึกษา พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีคุณภาพด้านสื่อเทคโนโลยีทางการศึกษาในระดับดี คุณภาพจากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีคุณภาพด้านเนื้อหาในระดับดี ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ จากการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพ 89.89/89.00 โดยแต่ละเรื่องมีประสิทธิภาพดังนี้ ตอนที่ 1 ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พี มีประสิทธิภาพ 90.89/89.78 ตอนที่ 2 การจัดการดิสก์และโฟลเดอร์ มีประสิทธิภาพ 88.89/88.22 สรุปว่าทั้ง 2 ตอนดังกล่าวมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 89.89/89.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นบทเรียนได้

หฤชัย ยิ่งประทานพร [24] ได้พัฒนาบทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง การออกแบบและพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน ประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนที่สร้างขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1. บทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์การสอน เรื่อง การออกแบบและพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย 2. แบบทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียน และ 4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2/2549 ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 39 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์การสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.50 / 85.56 เมื่อนำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ พบว่าได้ประสิทธิภาพหลังกระบวนการ (Epost) = 85.56 และประสิทธิภาพก่อนกระบวนการ (Epre) = 23.03 ดังนั้นบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์การสอนที่สร้างขึ้นนี้ ทำให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพการเรียนรู้สูงขึ้น 62.53 และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจค่อนข้างมาก สรุปได้ว่าบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์การสอน เรื่องการออกแบบและพัฒนาสื่อมัลติมีเดียที่สร้างขึ้นนี้ เป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

เสกสรรค์ แยมพินิจ [25] ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ชุดการสอนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง การผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย เพื่อหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เครื่องมือที่ใช้ ประกอบด้วย 1) ชุดการสอนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ เรื่อง การผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย 2) แบบทดสอบสัมฤทธิ์ผล และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี จำนวน 42 คน ชุดการสอนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเรื่องการผลิตคอมพิวเตอร์ช่วย สอนมัลติมีเดีย มีประสิทธิภาพ 87.78/83.55 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 มีประสิทธิผลทางการ เรียนเพิ่มขึ้น 53.61 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อ บทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์การสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 อยู่ในระดับค่อนข้างสูง สามารถ นำไปใช้ในการเรียนการสอน วิชาคอมพิวเตอร์ประยุกต์ทางการศึกษาได้

รัตนา อนันต์ชื่น [26] ทำการวิจัยการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียด้วยโปรแกรม MOODLE วิชาฟุตบอล 2 สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตยะลา ผลการวิจัยพบว่า บทเรียน มัลติมีเดีย วิชาฟุตบอล 2 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.33/80.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียวิชา ฟุตบอล 2 หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ความพึงพอใจของ นักศึกษาที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดีย วิชา ฟุตบอล 2 มีดังนี้ ด้านการออกแบบเนื้อหา หลักสูตรนักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.04 ด้านเนื้อหาวิชาที่ใช้ในการ เรียนการสอน นักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.00 ด้านเทคนิคการ ออกแบบ Website นักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.84 ด้านการ ปฏิสัมพันธ์ในการเรียน นักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.09 ด้านการ ประเมินผลการเรียน นักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.09 ด้านประโยชน์ ที่ได้รับ นักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.08 สรุปได้ว่านักศึกษามีความ พึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดีย วิชาฟุตบอล 2 ทั้ง 6 ด้าน อยู่ในระดับ มาก คือ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.03

วิเชษฐ สิริจรโรจน์ และสุวิทย์ สุขแสวง [27] สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย การใช้ Window 95 เบื้องต้น เพื่อหาประสิทธิภาพโปรแกรม พบว่ามีความเหมาะสมในการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ มัลติมีเดีย เรื่อง การใช้ Window 95 เบื้องต้น ไปใช้ในการศึกษาได้ นอกจากนี้ยังเป็นสื่อใหม่ที่ผู้ใช้ เพิ่งประสบในการใช้สี เสียง ตัวอักษร ภาพเคลื่อนไหว จึงเป็นสิ่งกระตุ้น และสร้างความสนใจได้เป็น อย่างดี

มยุรีย์ อินทร์จวง [28] ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้างบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชา ระบบการจัดการฐานข้อมูลตามหลักสูตร โปรแกรมวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ของสถาบันราชภัฏ เพื่อหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) บทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชา ระบบการจัดการฐานข้อมูล 2) แบบทดสอบสัมฤทธิ์ผล และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 โปรแกรมวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชา ระบบการจัดการฐานข้อมูล มีประสิทธิภาพ 90.05/90.11 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 และมีประสิทธิผลทางการเรียนเพิ่มขึ้น 48.89 สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน วิชา ระบบการจัดการฐานข้อมูล ได้ และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย อยู่ในระดับดีมาก

วิภารัตน์ พุกเงิน [29] ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิค กรมอาชีวศึกษา เพื่อหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนและความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง 2) แบบทดสอบสัมฤทธิ์ผล และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง มีประสิทธิภาพ 85.42/85.03 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 และมีประสิทธิผลทางการเรียนเพิ่มขึ้น 55.73 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สามารถนำไปใช้ในการเรียนมัลติมีเดีย วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ได้และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย อยู่ในระดับมาก

จักรี รัชมีฉาย [30] ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระดับมัลติมีเดีย เรื่อง หลักการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง หลักการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 2) แบบทดสอบสัมฤทธิ์ผล และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชา คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) ภาควิชาครุศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จำนวน 30 คน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง

หลักการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพ 82.23/81.53 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 และมีประสิทธิผลทางการเรียนเพิ่มขึ้น 47.03 สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน เรื่อง หลักการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้

งานวิจัยในต่างประเทศ

ในต่างประเทศ มีผู้ศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย แบบมีปฏิสัมพันธ์โดยใช้กิจกรรมกลุ่ม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

เมอร์เรย์ (Murray) [31] ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการเขียน โดยใช้กลุ่มประชากรเป็นนักเรียนเกรด 7 ดำเนินการทดลองโดย ครั้งแรกให้เขียนเรื่องสถานที่ที่ชื่นชอบ ก่อนการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วทำการบันทึกคะแนนเก็บไว้ หลังจากนั้นให้เขียนเรื่องเดิมอีกครั้ง หลังจากที่ได้ศึกษาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการเขียน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อนำคะแนนที่ได้จากการเขียนครั้งแรกและครั้งที่ 2 มาเปรียบเทียบกันพบว่า การเขียนครั้งที่ 2 มีคะแนนดีขึ้นมาก และมีรายละเอียดเนื้อหาที่ดีขึ้นเช่นกัน จึงสรุปได้ว่า โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถ ส่งเสริมการเขียนของนักเรียนให้ดีขึ้น

ทอลลูโท (Talluto) [32] ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ สถานการณ์จำลอง เรื่องชีวภาพทางทะเล กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาเกรด 5 อายุ 10-11 ปี จำนวน 30 คน พบว่า นักเรียนมีพหุพิสัยหลังการศึกษาสูงถึง 86.7 %

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษามาจึงทำให้เห็นได้ว่า การสร้างบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย และมีความน่าสนใจในการนำเสนอ สี สัน ตัวอักษร โดยมีการใช้ กิจกรรมกลุ่ม หรือวิธีการเรียนแบบร่วมมือเข้ามามีส่วนช่วยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น โดยให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนเพิ่มมากขึ้นและช่วยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้เป็นอย่างดี

จะเห็นได้ว่า งานวิจัยในประเทศมีการสร้างสื่อคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้น ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย หรือระดับอุดมศึกษาไม่ว่าจะเป็น การเรียนการสอนตามปกติในชั้นเรียนหรือเป็นสื่อช่วยในการทบทวนบทเรียนด้วยตนเอง ซึ่งสื่อเหล่านี้ มีผลต่อการสร้างความสนใจในการเรียน ลดภาระการเรียนการสอนของอาจารย์ผู้สอน และสามารถลดปัญหาในด้านความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละบุคคลด้วย

ดังนั้น การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียไปใช้ในการเรียนการสอนในปัจจุบัน คือ จุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ในลักษณะการพึ่งตนเอง ลดภาระให้ผู้สอน ลดปัญหาทางการเรียนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียนี้ ถือได้ว่าเป็นการเรียนโดยอิสระและได้รับการตอบสนองย้อนกลับในทันทีทันใด ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากกว่าการเรียนการสอนแบบเดิม