บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนิทานอิเล็กทรอนิกส์เพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักศึกษา สาขาวิชาการศึกษาปฐมวัยตามแบบจำลองจินตวิศวกรรม มาใช้ในการพิจารณา โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

1. สื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการศึกษา
2. การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์ตามแบบจำลองจินตวิศวกรรม
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. สื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการศึกษา

สื่ออิเล็กทรอนิกส์ คือ สื่อการเรียนการสอน หรือการฝึกอบรมที่ผลิตขึ้นสำหรับการเรียนการสอน และการฝึกอบรมในของแถบแม่เหล็ก การ์ดความจำ แผ่นซีดี แผ่นดีวีดี หรือฮาร์ดดิสก์ และเผยแพร่โดยอาศัยช่องทางการสื่อสารแบบดิจิทัล สื่ออิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญในด้านความจำเป็นต่อการศึกษาเนื่องจากช่วยเพิ่มคุณภาพในการเรียนการสอน ทำให้การสื่อสารเพื่อการศึกษาและการเรียนการสอนเป็นไปอย่างสะดวกรวดเร็วกว่าวิธีดั้งเดิม ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียน มีความสำคัญต่อการตอบสนองความต้องการของผู้เรียนที่ตอบสนองความถนัด ความสามารถ และความต้องการของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี และการทำให้สมบูรณ์กับสถานการณ์และเวลา (บุญเลิศ ส่องสว่าง, 2558)

สื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือสื่อมัลติมีเดียเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการธุรกิจและอุตสาหกรรม โดยเฉพาะได้นำมาใช้ในการฝึกอบรม การนำเสนอข้อมูล และให้ความบันเทิง ส่วนในวงการศึกษามัลติมีเดียได้นำมาใช้เพื่อการเรียนการสอนในลักษณะแผ่นซีดีรอม หรืออาจใช้ในลักษณะห้องปฏิบัติการมัลติมีเดียโดยเฉพาะก็ได้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่ามัลติมีเดียจะกลายมาเป็นเครื่องมือที่สำคัญทางการศึกษาในอนาคต ทั้งนี้เพราะว่ามัลติมีเดียสามารถที่จะนำเสนอได้ทั้งเสียง ข้อความ ภาพเคลื่อนไหว ดนตรี กราฟิก ภาพถ่ายวัสดุตีพิมพ์ ภาพยนตร์ วีดิทัศน์ และข้อมูลที่โต้ตอบได้ ประกอบกัน สามารถที่จะจำลองภาพของการเรียนการสอนที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองแบบเชิงรุก (Active Learning) (ดิเรก ธีระภูธร, 2555) โดยนำเสนอข้อมูลหรือการแสดงผลนั้นจะผ่านทางอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นสื่อสมัยใหม่ที่จะช่วยกระตุ้นการใช้งาน ความตื่นเต้นสนุกสนานให้กับผู้เรียน โดยจะใช้งานกับคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงข้อความ ภาพ และเสียง ซึ่งจะถูกบันทึกไว้ในรูปของดิจิทัล รวมทั้งควบคุมการแสดงผลด้วยโปรแกรมการสั่งงานด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้สื่อเหล่านั้นมีความน่าสนใจเป็นพิเศษ สามารถประยุกต์ไปใช้งานกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ด้วย

1.1 องค์ประกอบของสื่ออิเล็กทรอนิกส์

องค์ประกอบของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย ตัวอักษร เสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวีดิทัศน์ และการมีปฏิสัมพันธ์ (Hall, 1996; ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ, 2552) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ตัวอักษร นับได้ว่าเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ ในการเขียนโปรแกรมมัลติมีเดีย โปรแกรมประยุกต์โดยมากจะมีตัวอักษรให้ผู้เขียนสามารถเลือกได้หลายๆแบบ และสามารถที่จะเลือกสีของตัวอักษร ขนาดของตัวอักษรได้ตามต้องการ นอกจากนี้แล้วยังใช้ตัวอักษรเพื่อเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์หรือที่เรียกว่า ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext) เช่น การคลิกที่ตัวอักษรเพื่อเชื่อมโยงไปยังที่ต่างๆ การจัดเป็นลักษณะของเมนู (Menu) เพื่อให้ผู้ใช้เลือกข้อมูลที่จะศึกษา

2. เสียง เสียงในมัลติมีเดียจะจัดอยู่ในรูปข้อมูลดิจิทัล และสามารถเล่นซ้ำได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี การใช้เสียงในมัลติมีเดียเพื่อนำเสนอข้อมูล หรือสร้างสภาพแวดล้อมให้น่าสนใจขึ้น เช่น เสียงหัวใจเต้น เสียงน้ำไหล เป็นต้น เสียงสามารถใช้เสริมตัวอักษร หรือนำเสนอวัสดุที่ปรากฏบนจอได้เป็นอย่างดี เสียงที่ใช้ร่วมกับโปรแกรมประยุกต์สามารถบันทึกเป็นข้อมูลแบบดิจิทัลจากไมโครโฟน แผ่นซีดีเสียง เทปเสียง และวิทยุได้

3. ภาพนิ่ง เป็นภาพกราฟิกที่ไม่มีการเคลื่อนไหว เช่น ภาพถ่าย ภาพวาด เป็นต้น ภาพนิ่งมีบทบาทต่อมัลติมีเดียมาก เนื่องจากภาพจะให้ผลในการเรียนรู้ด้วยการมองเห็น ไม่ว่าจะดูโทรทัศน์ หนังสือ วารสาร ฯลฯ จะมีองค์ประกอบเสมอ

4. ภาพเคลื่อนไหว หรือ แอนิเมชัน คือ ภาพกราฟิกที่มีการเคลื่อนไหวของภาพนิ่งในลักษณะต่างๆ ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อทำให้เกิดความน่าสนใจ หรือทำให้เกิดความเข้าใจ ได้ง่ายขึ้น เช่น การเคลื่อนที่ของอะตอมภายในโมเลกุล การเต้นของหัวใจ การทำงานของลูกสูบของเครื่องยนต์ ภาพเคลื่อนไหวมีขอบเขต ตั้งแต่การสร้างภาพนิ่งด้วยกราฟิกอย่างง่ายจากนั้นใช้โปรแกรมสร้างภาพเคลื่อนไหวทำให้ภาพนิ่งนั้นเคลื่อนไหวได้ตามต้องการ ด้วยกระบวนการฉายรูปเฟรมภาพออกมาทีละเฟรม หรือสร้างด้วยคอมพิวเตอร์กราฟิก หรือทำด้วยการวาดมือ และทำซ้ำการเคลื่อนไหวทีละน้อยๆ ซึ่งจะแสดงทีละภาพในอัตราความเร็ว มากกว่าหรือเท่ากับ 16 ภาพ ต่อ 1 วินาที (ปัจจุบัน 24 เฟรม ต่อ 1 วินาที) (บุศรินทร์ เอี่ยมธนากุล, 2554) ไม่ว่าจากวิธีการใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก ถ่ายภาพรูปวาด หรือรูปถ่ายแต่ละขณะของหุ่นจำลองที่ค่อยๆ ขยับ เมื่อนำภาพดังกล่าวมาฉายด้วยความเร็วตั้งแต่ 16 เฟรมต่อวินาที ขึ้นไป เราจะเห็นเหมือนว่าภาพดังกล่าวเคลื่อนไหวได้ต่อเนื่องกัน ทั้งนี้เนื่องจากการเห็นภาพติดตา (Paul, 1998) เมื่อตามนุษย์มองเห็นภาพที่ฉายอย่างต่อเนื่อง จะรักษาภาพนี้ไว้ในระยะสั้นๆ ประมาณ 1/3 วินาที หากมีภาพอื่นแทรกเข้ามาในระยะเวลาดังกล่าว สมองของมนุษย์จะเชื่อมโยงภาพทั้งสองเข้าด้วยกันทำให้เห็นเป็นภาพเคลื่อนไหวที่มีความต่อเนื่องกัน ที่เราเห็นภาพเคลื่อนไหวนั้น เป็นเพราะว่า มนุษย์เรามีการจำการรู้สึกสัมผัส การจำชนิดนี้เป็นการเก็บข้อมูลอย่างตรงไปตรงมาตามที่ประสาทสัมผัสรับรู้จากสิ่งเร้าและจะเลือนหายไปอย่างรวดเร็ว ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การจำภาพติดตา

แม้ว่าแอนิเมชันจะใช้หลักการเดียวกับวีดิโอ แต่แอนิเมชันสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ได้ มากมาย เช่น งานภาพยนตร์ งานโทรทัศน์ งานพัฒนาเกม งานสถาปัตยกรรม งานก่อสร้าง งานด้านวิทยาศาสตร์ หรืองานพัฒนาเว็บไซต์ เป็นต้น (ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ, 2552) ทั้งนี้

เพื่อสร้างสรรค์ จินตนาการให้เกิดแรงจูงใจของผู้ชม การผลิตภาพเคลื่อนไหวจะต้องใช้โปรแกรมที่มีคุณสมบัติเฉพาะทาง ซึ่งอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับขนาดไฟล์ ที่ต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมากกว่าภาพนิ่งหลายเท่า แอนนิเมชันแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ 1) Drawn Animation เป็นแอนิเมชันที่เกิดจากการวาดภาพหลายภาพ แต่การฉายภาพเหล่านั้นผ่านกล้องอาจใช้เวลาไม่กี่นาที ข้อดีของการทำแอนิเมชันชนิดนี้ คือ มีความเป็นศิลปะ สวยงาม น่าดูชม แต่ข้อเสีย คือต้องใช้เวลาในการผลิตมาก ต้องใช้แอนิเมชันจำนวนมาก 2) Computer Animation ปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่สามารถช่วยให้การทำแอนิเมชันง่ายขึ้น เช่น โปรแกรม Maya, Macromedia และ 3D Studio Max เป็นต้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดเวลาการผลิตและประหยัดต้นทุนเป็นอย่างมาก และ 3) Stop Motion หรือการสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุด เป็นแอนิเมชันรูปแบบหนึ่ง อาศัยการถ่ายภาพแต่ละขณะของหุ่นจำลองที่ค่อยๆ ขยับ อาจจะเป็นของเล่น หรืออาจจะสร้างตัวละครจาก Plasticine วัสดุที่คล้ายกับดินน้ำมันโดยโมเดลที่สร้างขึ้นมาสามารถใช้ได้อีกหลายครั้งและยังสามารถผลิตได้หลายตัว ทำให้สามารถถ่ายทำได้หลายฉากในเวลาเดียวกัน (บุศรินทร์ เอี่ยมธนากุล, 2554) แอนนิเมชันมีด้วยกัน 2 ประเภท 1) 2D Animation คือ ภาพเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติ มองเห็นทั้งความสูงและความกว้าง มีความเหมือนจริงพอสมควร ในการสร้างจะไม่สลับซับซ้อนมากนัก ตัวอย่าง เช่น การ์ตูนเรื่อง One Piece โดราเอมอน หรือ ภาพเคลื่อนไหวที่ปรากฏตามเว็บต่างๆ รวมทั้ง Gif Animation และ 2) 3D Animation คือ ภาพเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ มองเห็นทั้งความสูงความกว้าง และความลึก ภาพที่เห็นจะมีความสมจริงมากถึงมากที่สุด เช่น ภาพยนตร์เรื่อง Toy Story และ NEMO เป็นต้น

5. ภาพวีดิทัศน์ การใช้มัลติมีเดียในอนาคตจะเกี่ยวข้องกับการนำเอาภาพวีดีทัศน์ซึ่งอยู่ในรูปของดิจิทัล รวมเข้ากับโปรแกรมประยุกต์นำเสนอในลักษณะที่เรียกว่าดิจิทัลวีดิโอ (Digital Video) โดยคุณภาพของดิจิทัลวีดิโอจะทัดเทียมกับภาพที่เห็นจากจอโทรทัศน์ ดังนั้นดิจิทัลวีดิโอและเสียงจึงเป็นส่วนที่ผนวกเข้าสู่การนำเสนอ และสามารถนำเสนอได้ทันทีผ่านจอคอมพิวเตอร์ และเสียงออกทางลำโพงโดยผ่านการ์ดเสียง (Sound Card)

6. การเชื่อมโยงแบบปฏิสัมพันธ์ หมายถึง การที่ผู้ใช้มัลติมีเดียสามารถเลือกข้อมูล ได้ตามความต้องการโดยใช้ตัวอักษร หรือปุ่มในการเชื่อมโยง ซึ่งนับได้ว่าเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นกว่าสื่ออื่นๆ

1.2 การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุด (Stop Motion)

Stop Motion คือ การสร้างภาพเคลื่อนไหวโดยการฉายภาพนิ่งหลายๆ ภาพต่อเนื่องกันด้วยความเร็วสูง ใช้เทคนิคการถ่ายภาพ วาดรูป หรือรูปถ่ายแต่ละขณะของตัวละคร หรือหุ่นจำลองที่ค่อยๆ ขยับ เรียกว่าภาพเคลื่อนไหวแบบการเคลื่อนที่หยุด หรือการวางเรียงสิ่งของแล้วนำเสนอออกมาเป็นเรื่องราวของภาพเคลื่อนไหว ซึ่งเป็นเทคนิคการสร้างแอนิเมชันที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นการทำให้วัตถุหรือสิ่งของสามารถเคลื่อนที่ได้ การสร้างสรรค์ Stop Motion ต้องคำนึงถึงการจัดวางตำแหน่ง ขอบเขต ทิศทาง และจังหวะของการเคลื่อนไหว เทคนิคการสร้าง Stop Motion มีด้วยกันหลายเทคนิค ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งแอนิเมเตอร์จะต้องสร้างส่วนประกอบต่างๆ ของภาพขึ้นนอกเหนือจากการวาดบนแผ่นกระดาษหรือแผ่นเซล และยังต้องยอมเมื่อยมือขยับรูปร่างท่าทางของส่วนประกอบเหล่านั้นทีละนิดๆ แล้วใช้กล้องถ่ายไว้ทีละเฟรมๆ Stop Motion มีเทคนิคทำได้หลากหลาย (ชลิต กังวาราวุฒิ, 2553) ได้แก่

1. เคลย์แอนิเมชัน (Clay Animation หรือ Claymation) คือแอนิเมชันที่ใช้หุ่นซึ่งทำจากดินเหนียว ขี้ผึ้ง หรือวัสดุใกล้เคียง โดยใส่โครงลวดไว้ข้างในเพื่อให้ดัดท่าทางได้ ด้วยการปั้น การสร้างโมเดล และทำการขยับทีละนิดเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวและใช้กล้องบันทึกภาพทุกขณะที่ทำการขยับหรือเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุ

2. คัตเอาต์แอนิเมชัน (Cut out Animation) คือการสร้างภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ ด้วยเทคนิคการตัดกระดาษให้เป็นรูปทรงหรือตัวการ์ตูนต่างๆ และใช้กล้องถ่ายทีละภาพ เมื่อมีการขยับหรือเปลี่ยนแปลง เคลื่อนย้ายตำแหน่งของรูปทรงในภาพ สมัยก่อนแอนิเมชันแบบนี้ทำโดยใช้วัสดุ 2 มิติ (เช่น กระดาษ, ผ้า) ตัดเป็นรูปต่างๆ และนำมาขยับเพื่อถ่ายเก็บไว้ทีละเฟรม แต่ปัจจุบันใช้วิธีวาดหรือสแกนภาพเข้าไปขยับในคอมพิวเตอร์ได้เลย

3. กราฟิกแอนิเมชัน (Graphic Animation) เป็นอีกเทคนิคที่น่าสนใจ เกิดจากการนำกล้องมาถ่ายภาพนิ่งต่างๆ ที่เราเลือกไว้ (จะเป็นภาพจากนิตยสาร หนังสือพิมพ์ ฯลฯ ก็ได้) ทีละภาพทีละเฟรม แล้วนำมาตัดต่อเข้าด้วยกันเหมือนเทคนิคคอลลาจ (Collage) โดยอาจใช้เทคนิคแอนิเมชันแบบอื่นมาประกอบด้วยก็ได้

4. โมเดลแอนิเมชัน (Model Animation) คือการทำตัวละครโมเดลขึ้นมาขยับ แล้วซ้อนภาพเข้ากับฉากที่มีคนแสดงจริงและแบ็คกราวด์เหมือนจริง

5. แอนิเมชันที่เล่นกับวัตถุอื่นๆ (Object Animation) ไม่ว่าจะเป็นของเล่น หุ่น ตุ๊กตา ตัวต่อเลโก้ ฯลฯ อะไรก็ตามที่ไม่ใช่วัสดุซึ่งดัดแปลงรูปร่างหน้าตาได้แบบดินเหนียว

6. พิกซิลเลชัน (Pixilation) เป็น Stop Motion ที่ใช้คนจริงๆ มาขยับท่าทางทีละนิดแล้วถ่ายไว้ทีละเฟรม เทคนิคนี้เหมาะมากถ้าเราทำแอนิเมชันที่มีหุ่นแสดงร่วมกับคนและอยากให้ทั้งหุ่นทั้งคนดูเคลื่อนไหวคล้ายคลึงกัน

ผลงานสร้างสรรค์ Stop Motion จะออกมาเป็นอย่างไรนั้นไอเดียหรือแนวความคิดที่สามารถนำเสนอออกมาได้อย่างชัดเจนเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากไอเดียนี้จะถูกนำไปพัฒนาเป็น Stop Motion ซึ่งผู้เรียนในกลุ่มแต่ละคนจะต้องช่วยกันระดมความคิดออกมา หลังจากนั้นผู้เรียนจะต้องเขียนออกมาเป็นบทภาพยนตร์ (Script) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแอนิเมชัน และออกมาเป็น Storyboard ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของการสร้างสรรค์ผลงานแอนิเมชันโดยทั่วไป เพื่อให้มั่นใจว่าแนวความคิดหรือไอเดียที่ได้เขียน Script หรือได้คิดเอาไว้นั้นสามารถพัฒนาออกมาเป็น Storyboard ให้ครบสมบูรณ์ทุกเฟรมก่อนจะนำไปถ่ายภาพนิ่งด้วยกล้องถ่ายภาพและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกมาเป็น Stop Motion ในที่สุด ซึ่งการ Storyboard ช่วยลดปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นจากแนวความคิดที่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือต้องการตัดตอนในส่วนใดส่วนหนึ่งออกไปและยังช่วยลดระยะเวลาในการทำงานและในการเตรียมการถ่ายทำลงได้ การให้ผู้เรียนทำแอนิเมชันทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่าจะทำอย่างไรถึงจะทำให้การทำงานในกลุ่มเกิดประสิทธิภาพในประเด็นของการคิดสร้างสรรค์ การค้นหาข้อมูล การออกแบบข้อความและเสียง และการแบ่งปันแนวความคิดและข้อมูลซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะเรียนรู้อย่างมีความสุขเนื่องจากการวางแผนและการสร้างสรรค์ผลงานสร้างความตื่นเต้นให้ผู้เรียนมากกว่าการนั่งดูการนำเสนอเพียงอย่างเดียว ผู้เรียนจะมีความภาคภูมิใจที่ได้แบ่งปัน ได้นำเสนอผลงานอัน

เป็นเอกลักษณ์หนึ่งเดียวของพวกเขากับเพื่อนๆ และครอบครัว ที่สำคัญเป็นการสร้างความสุขอันยิ่งใหญ่ให้กับทั้งผู้เรียนและผู้สอน

1.3 ระบบมัลติมีเดีย

ระบบมัลติมีเดีย หมายถึง การนำองค์ประกอบของสื่อชนิดต่างๆ มาผสมผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย ตัวอักษร (Text) ภาพนิ่ง (Image) ภาพเคลื่อนไหวหรือแอนิเมชัน (Animation) เสียง (Sound) และวีดิโอ (Video) โดยผ่านกระบวนการทางระบบคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การนำเข้า (Input) การประมวล (Processing) การแสดงผลลัพธ์ (Output) และการจัดเก็บข้อมูล(Storage) ตามลำดับซึ่งระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านทางเครื่องพีซีด้วยการบริหารจัดการของซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งไว้ หัวข้อย่อยเนื้อหาส่วน ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนำเข้า (Input) หมายถึง การนำเข้าข้อมูลทั้งที่อยู่ในรูปแบบของข้อความหรือตัวอักษร (Text)ภาพนิ่ง (Still Image) ภาพเคลื่อนไหว (Animation) เสียง (Sound) และวีดิโอ (Video) ผ่านทางอุปกรณ์ต่อพ่วงที่ทำหน้าที่นำสัญญาณเข้าแล้วส่งต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อจัดการกับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลต่อไป (Digital Camera) ก็สามารถเข้าสู่การประมวลผลได้ในทันที ในขณะที่อุปกรณ์นำเข้าแบบอนาล็อก เช่น กล้องวีดิโอ (Video Camera) และเครื่องเล่นออดิโอ(Audio Player) จะต้องมีอุปกรณ์ต่อพ่วงที่เรียกว่า วีดิโอแคปเชอร์ (Video Capture) และซาวด์การ์ด (Sound Card) ตามลำดับเพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้ไปเป็นสัญญาณดิจิทัลก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผล เช่นเดียวกับเครื่องโมเด็ม (Modem) ซึ่งเป็นอุปกรณ์นำเข้าเหมือนกันแต่สามารถแปลงสัญญาณได้ทั้งแบบสัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิทัลในเครื่องเดียวกัน

2. การประมวลผล (Processing) หมายถึง การที่เครื่องพีซีทำการจัดการกับข้อมูลที่ได้มาจากการนำเข้าในรูปแบบต่างๆ ซึ่งข้อมูลที่นำมาเข้านั้นจะต้องอยู่ในรูปดิจิทัล ด้วยเหตุผลนี้ทำให้อุปกรณ์นำเข้าข้อมูล (Input Devices) ต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็นดิจิทัลก่อนแล้วจึงส่งผ่านข้อมูลเหล่านั้นไปยังส่วนที่ทำการประมวลผล ในขณะเดียวกันการส่งข้อมูลออกของเครื่องพีซีนั้นก็ต้องอยู่ในรูปของดิจิทัลด้วยเช่นกัน

3. การแสดงผล (Output) หมายถึง การแสดงผลลัพธ์จากการแปลงสัญญาณต้นแบบไปเป็นสัญญาณที่สามารถปรากฏบนอุปกรณ์ปลายทางได้ โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องต่อพ่วงเข้ากับเครื่องพีซีด้วยได้แก่ อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิทัล เช่น จอภาพดิจิทัล (Digital Monitor) และเครื่องพิมพ์เลเซอร์ (Laser Printer) เป็นต้น อุปกรณ์แสดงผลแบบอนาล็อกจะต้องมีอุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลให้ไปเป็นสัญญาณอนาล็อกก่อน เช่น เครื่องฉายโปรเจคเตอร์ (Projection TV) สำหรับการแสดงผลทางเสียงจะต้องใช้อุปกรณ์ออดิโอ โดยทำการเชื่อมต่อกับแผงวงจรเสียงหรือที่เรียกว่าซาวด์การ์ด (Sound Card) ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณอนาล็อก (Digital to Analog Converter) ส่วนประกอบอุปกรณ์แสดงผลประเภทเสียง ได้แก่ หูฟัง (Headphone) และลำโพง (Speaker)

4. การจัดเก็บข้อมูล (Storage) หมายถึง การนำข้อมูลที่ผ่านกระบวนการทำงานทั้งการนำเข้า การประมวลผลและการแสดงผลเรียบร้อยแล้วมาทำการบันทึกลงในอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล

(Storage Device) เพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้เมื่อต้องการ สำหรับการบันทึกลงบนสื่อจัดเก็บข้อมูลชนิดต่างๆ เช่น เทป (Tape) แผ่นซีดี (CD ROM) และแผ่นดีวีดี (DVD) จำเป็นต้องจัดทำผ่านอุปกรณ์ที่สามารถจัดเก็บข้อมูลลงบนหน่วยจัดเก็บแต่ละชนิดได้ ตัวอย่างเช่น กรณีที่ผู้ใช้ต้องการจัดเก็บข้อมูลลงบนแผ่นซีดี จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการเรียน หรือที่เรียกว่า “CD Writer” เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวด้วย

2. การพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์ตามแบบจำลองจินตวิศวกรรม

นักเขียนโปรแกรมจำนวนมากจะเรียนวิธีการเขียนโปรแกรมจากการเรียนรู้คำสั่งต่างๆ จากนั้นก็จะฝึกเขียนโปรแกรมตามจินตนาการที่ตนเองคิด โดยเปลี่ยนแปลงโปรแกรมไปตามจิตนาการที่ต้องการ โดยไม่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่ต้นว่าต้องการโปรแกรมหน้าตาอย่างไร เชื่อมต่อกับอะไร เกี่ยวข้องกับสิ่งไหนบ้าง ขณะที่มาตรฐานการทำงานจะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ระบบงาน วางแผนการเชื่อมโยงของโปรแกรม เชื่อมต่อฐานข้อมูล ออกแบบหน้าจอภาพ ทดสอบการทำงาน ตามลำดับ ซึ่งอาจจะใช้วงจรการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software Development Life Cycle: SDLC) เข้ามาเป็นฐานในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ควรจะฝึกและดำเนินการ ถ้าโปรแกรมเมอร์เขียนโปรแกรมตามจินตนาการโดยไม่มีขั้นตอนที่เป็นระบบ ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อไปทำงานหรือต้องทำงานร่วมกับนักวิเคราะห์ระบบก็คือ นักวิเคราะห์ระบบวางแผนและกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ในรูปของรูปภาพหรือวิเคราะห์ระบบเอาไว้แล้ว แต่โปรแกรมเมอร์มักจะเขียนโปรแกรมตามจินตนาการของตนเอง ทำให้ลำบากต่อการทำงานร่วมกัน เหมือนกับโปรแกรมเมอร์หรือผู้ทำงานทางด้านคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำงานร่วมกันได้ เพราะมีการจินตนาการของสภาพงานไม่เหมือนกัน (ปรัชญนันท์ นิลสุข และปณิตา วรรณพิรุณ, 2556) การพัฒนางานมัลติมีเดีย หรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการศึกษาก็เป็นการสร้างสรรค์ผลงานด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกัน ดังนั้นหากผู้สร้างสรรค์ผลงานมีความสามารถในการจินตนาการและสร้างสรรค์ผลงานจะช่วยให้ตอบโจทย์การจัดการเรียนการสอนมากขึ้น โดยเฉพาะการสร้างสรรค์ผลงานจากการจินตนาการให้ออกมาเป็นชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ซึ่งในที่นี้จะใช้แบบจำลองจินตวิศวกรรมเพื่อเป็นกระบวนการเรียนรู้ในการพัฒนางานแอนนิเมชัน หรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์สำหรับการเรียนกานสอนในรูปของ Stop Motion เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้กระบวนการพัฒนางานมัลติมีเดียเพื่อการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับจินตวิศวกรรม

ความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่างๆ ในโลกเริ่มขึ้นจากการจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ นำมาสู่ประดิษฐ์กรรมจนกลายเป็นนวัตกรรมใหม่ เมื่อถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายก็กลายเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานกันเป็นประจำ สิ่งประดิษฐ์คิดค้นต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโลกล้วนแล้วแต่มาจากจินตนาการของมนุษย์ทั้งสิ้น จินตนาการจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการประดิษฐ์ ถ้าขาดซึ่งจินตนาการก็จะไม่มีเทคโนโลยีมากมายให้เราได้ใช้อำนวยความสะดวกอย่างสุขสบายเช่นทุกวันนี้ สิ่งที่เป็นปัญหาของการจินตนาการนั่นคือการทำให้เป็นจริงดังที่ต้องการเป็นสิ่งที่ยากลำบาก เนื่องจากจินตนาการของมนุษย์มักจะอยู่เหนือกว่าความเป็นจริง จิตนาการหลายอย่างของมนุษย์ยังไม่สามารถเป็นจริงได้จนทุก

วันนี้ แต่หลายสิ่งหลายอย่างที่มนุษย์จินตนาการเอาไว้ก็เกิดขึ้นเป็นจริงในทุกวันนี้เช่นกัน (ปรัชญนันท์ นิลสุข, 2556)

อัลเบริ์ท ไอสไตน์ เคยกล่าวไว้ว่าจินตนาการสำคัญมากกว่าความรู้ ความรู้มีข้อจำกัด จินตนาการรายล้อมโลกนี้อยู่ (Viereck, 1929) เป็นคำกล่าวที่แสดงถึงการยอมรับว่าจินตนาการเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายมากกว่าการมีความรู้เพียงอย่างเดียว การมีความรู้มากมายแต่ขาดจินตนาการที่จะนำความรู้เหล่านั้นไปทำให้เกิดประโยชน์ ขาดการประยุกต์ความรู้ไปใช้งาน ตลอดจนขาดการทำสิ่งที่จินตนาการในสมองที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นของจริงที่เป็นรูปธรรม ความรู้ที่มีอยู่ก็ไม่มีประโยชน์ เป็นแต่เพียงสิ่งที่รู้จักหรือเข้าใจเท่านั้นว่ามันคืออะไร การนำเอาจินตนาการมาทำให้เกิดเป็นจริงเป็นสิ่งของที่จับต้องได้นับว่าเป็นขั้นสูงสุดของการเรียนรู้

บลูมและคณะ (Bloom and other, 1956) กล่าวถึงการเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัยของมนุษย์ที่มีขั้นตอนพื้นที่ตั้งแต่ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า แนวคิดแบบพุทธิพิสัยเป็นลำดับขั้นตอนไปจนถึงการประเมินค่าซึ่งถือว่าอยู่สูงสุดของการเรียนรู้ (Eisner, 2000) ต่อมาได้มีการนำเสนอแนวคิดของบลูมว่าขั้นสูงสุดของการเรียนรู้ก็คือ การสร้างสรรค์ที่ได้จากการประเมินค่า หมายถึงมนุษย์สามารถที่จะนำความรู้ความเข้าใจนำไปใช้สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ให้เกิดขึ้นจริงได้ นั่นเป็นการเรียนรู้ขั้นสูงสุดของมนุษย์ ลำดับขั้นการเรียนรู้ที่อธิบายโดยกานเย่ (Gagne, 1977) ก็อธิบายเอาไว้เช่นกันว่า ขั้นตอนการเรียนรู้ขั้นสูงสุดก็คือ การถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่สิ่งใหม่ ขั้นตอนการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยลำดับขั้นจึงจะถ่ายโอนความรู้เดิมประสบการณ์และพื้นฐานเดิมไปสู่การสร้างสิ่งใหม่ เป็นแนวคิดในกลุ่มพุทธิปัญญานิยม

แนวทางในการนำจินตวิศวกรรมมาใช้ในทางการศึกษา เกิดขึ้นเนื่องจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งมีเอกลักษณ์ที่ชัดเจนในการเป็นมหาวิทยาลัยแห่งประดิษฐ์กรรมสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมอันเป็นสิ่งใหม่ๆ นำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง กลายเป็นเทคโนโลยีที่จะนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตและภาคธุรกิจ อันจะกลายเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อการทำงานและการดำเนินชีวิต ต้องการผลิตบัณฑิตที่คิดเป็น ทำเป็น เพื่อสร้างนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ให้กับประเทศ การผลิตบัณฑิตที่สะท้อนผลงานอย่างต่อเนื่อง เช่น การส่งนักศึกษาแข่งขันหุ่นยนต์กู้ภัยในระดับโลกและเป็นแชมป์โลกหลายสมัย จินตนาการที่นักศึกษาใช้สร้างหุ่นยนต์ปรากฏเป็นที่ประจักษ์ในหลายสนามของการแข่งขัน จินตวิศวกรรมจึงเป็นกระบวนการจากจินตนาการมาสู่สิ่งที่เป็นจริง จึงควรนำกระบวนการเหล่านี้มาเผยแพร่สู่วงการศึกษาสืบไป (ปรัชญนันท์ นิลสุข, 2556)

2.2 ความหมายของจินตวิศวกรรม

จินตวิศวกรรมถูกนำมาใช้เป็นชื่อของหน่วยงานสำคัญที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ของบริษัทวอล์ทดิสนีย์ หน่วยงานนี้เรียกว่าจินตวิศวกรรมวอล์ทดิสนีย์ (Walt Disney Imagineering) เป็นหน่วยงานที่ประกอบไปด้วยคนทำงานจากทุกสาขาวิชาชีพ อาทิ นักวิทยาศาสตร์ ศิลปิน ผู้สร้างภาพยนตร์ วิศวกร สถาปนิก โปรแกรมเมอร์ ช่างเขียนภาพ นักเขียนบท นักออกแบบเทคนิคพิเศษและสาขาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสื่อสารพัดเพื่อความบันเทิง จินตวิศวกรรมของบริษัทวอล์ทดิสนีย์เป็นผู้ที่อยู่เบื้องหลังทั้งหมดของสวนสนุกดิสนีย์ การสร้างจินตนาการเรื่องราวต่างๆ

ในอนาคต ตัวการ์ตูน ตัวละครในหนังแฟนตาซีต่างๆ ของวอล์ทดิสนีย์ได้มาจากจินตนาการของคนในหน่วยงานนี้ วอล์ท ดิสนีย์ เจ้าของและผู้ก่อตั้งบริษัทเป็นผู้ที่ดูแลหน่วยงานนี้ด้วยตนเองตั้งแต่แรกเริ่มจัดตั้ง

จินตวิศวกรรมจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการเริ่มต้นงานต่างๆ ของวอล์ทดิสนีย์ เฉพาะหน่วยงานนี้มีคนทำงานหลายร้อยคน แยกออกเป็นสาขาต่างๆ มากมาย ผลิตผลงานจากจินตนาการมาสู่สิ่งที่เป็นจริงจับต้องได้หลายหมื่นชิ้น มีรูปภาพนับล้านใบและแบบจำลองต่างๆ จำนวนมาก และเป็นบริษัททางด้านบันเทิงหลักเพียงแห่งเดียวที่มีทีมงานวิจัยและพัฒนาเทคนิคต่างๆ ออกมาอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เริ่มต้นตั้งแต่การจินตนาการว่าต้องการอะไร จากนั้นก็จะนำมาร่างแบบตามจินตนาการ เขียนสตอรี่บอร์ดของสิ่งที่จินตนาการว่าต้องการให้เคลื่อนไหวหรือทำหน้าที่อะไร เมื่อได้ร่างแบบและสตอรี่บอร์ดแล้ว ก็จะนำมาวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้าง นำไปสร้างและพัฒนาขึ้นจนเป็นสิ่งที่จับต้องได้ นำมาทดสอบใช้งานและปรับปรุงพัฒนาจนได้ผลงานตามที่ต้องการ ปรากฏเป็นสิ่งที่แลเห็นและจับต้องได้ แนวคิดทั้งหมดนี้เป็นที่มาของการประยุกต์จินตวิศวกรรมมาใช้ในทางการศึกษา พัฒนาขั้นตอนการเรียนรู้ของผู้เรียนจากสิ่งที่จินตนามาสู่สิ่งที่เป็นจริง

ดังนั้น จินตวิศวกรรม (Imagineering) จึงหมายถึง การนำสิ่งที่จินตนาการเอาไว้มาสู่สิ่งที่เป็นจริงได้ในทางปฏิบัติ เป็นการนำสิ่งที่สร้างภาพเอาไว้ในความคิดให้กลายมาเป็นสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมที่จับต้องได้

ความหมายที่เกี่ยวข้องกับจินตวิศวกรรมมีอยู่หลายคำ บางคำก็เกี่ยวข้องโดยตรง บางคำก็มีความหมายใกล้เคียงแต่ไม่เกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงต้องทำความเข้าใจความหมายต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงการประยุกต์แนวคิดจินตวิศวกรรมไปสู่การใช้งาน อาทิ

จินตวิศวกร (Imagineer) หมายถึง บุคคลที่ทำหน้าที่คิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมบวกกับการจินตนาการในการออกแบบสร้างงาน (Chytry, 2012) ในอีกความหมายหนึ่งที่ใช้ในหน่วยงานของดิสนีย์แลนด์ จินตวิศวกรคือเหล่าวิศวกรที่มีจินตนาการ ซึ่งได้ออกแบบบรรดาเครื่องเล่นต่างๆ ด้วยจินตนาการ เพื่อให้ผู้ที่เข้ามาเที่ยวตื่นเต้นสุดขีด และสนุกที่สุดในดินแดนแห่งจินตนาการ (ดนัย เทียนพุฒ, 2555) จินตวิศวกร เป็นบุคคลที่เน้นการทำงานร่วมกันของสมองสองด้านทั้งซีกซ้ายและซีกขวา มีคุณลักษณะ คุณสมบัติ องค์ประกอบหลัก (ธำรงค์ อุดมไพจิตรกุล, 2555) ที่สำคัญได้แก่

1) ทัศนคติ (Attitude) คือ การเป็นผู้นำในการแข่งขันด้วยการใช้โอกาสที่ผู้อื่นมองไม่เห็นในการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Creation) สินค้าจากจินตนาการ (Convergence Products) และความอยู่รอดในการแข่งขัน (Survivability)

2) ความรู้ (Knowledge) คือ การเป็นผู้ที่คิดโดยใช้ความรู้คู่ความเป็นจริงในการคิดหรือจินตนาการที่เป็นจริง (Imagination) กับความรู้ในการออกแบบ (Design) จากจินตนาการไปสู่การพัฒนาสินค้า/บริการให้แตกต่างและดีกว่า โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีสนับสนุนให้สามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย

3) ทักษะ (Skill) คือ ความสามารถนำความรู้มาใช้ได้ในชีวิตการงานอย่างเชี่ยวชาญที่เรียกว่า ทักษะในการจัดการความรู้ การจัดการจินตวิศวกรรม การจูงใจ การสื่อสารและการวิจัย

4) ลักษณะนิสัย (Habit) คือ ความสามารถในการจัดการตนเอง ทั้งนี้แม้จะมีความรู้ ทักษะและทัศนะคติดีเพียงใด แต่หากไม่สามารถจัดการตนเองได้ การจัดการอื่นๆ ที่ตามมาจะล้มเหลว ลักษณะนิสัยที่เหมาะสมกับจินตวิศวกร ประกอบด้วย ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความโปร่งใส

จินตวิศวกรการสอน (Instructional Imaginer) หมายถึง บุคคลที่ทำงานร่วมกับผู้สอน ทำหน้าที่ในการนำเสนอจิตนาการจากการสอนและนำระบบนวัตกรรมต่างๆ มาใช้ในการสอน การพบปะผู้เรียนทางไกล การประเมินผลและจัดหาเทคโนโลยีใหม่ทางด้านระบบสื่อสาร พัฒนาการบริการทางด้านเทคโนโลยี ให้คำปรึกษาและออกแบบระบบการสอนด้วยเทคโนโลยีผ่านเว็บ วีดิโอ เสียง สตรีมมิ่งและสื่อดิจิทัลต่างๆ เป็นผู้จัดการเรียนรู้และบริหารโครงการด้านเทคโนโลยี (Instructional Communications Systems, 2012)

แนวคิดที่มีลักษณะการพัฒนาสมองและพัฒนาจิตใจเพื่อประโยชน์ในการเรียนการสอนก็มีชื่อคล้ายๆ จินตวิศวกรรม แต่เน้นการใช้สมองหรือการพัฒนาจิตใจไม่ได้เน้นการจินตนาการ แต่มีชื่อเรียกที่อาจเข้าใจได้ว่าคล้ายคลึงกัน เช่น จินตคณิตหรือจิตตปัญญาศึกษา ที่มีหลักการของตนเองและแนวคิดทิศทางของตนเองในการพัฒนาผู้เรียน จึงต้องอธิบายพอสังเขปเพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของแนวคิดของแต่ละประเภทในการนำมาใช้ทางการศึกษา ได้แก่

- จินตคณิต หมายถึง หลักสูตรที่สอนให้เด็กมีทักษะในการคำนวณ การวิเคราะห์และเหตุผลโดยใช้ ลูกคิด 9 เม็ดสำหรับเด็กเล็ก และ ลูกคิด 4:1 สำหรับเด็กประถม เป็นพื้นฐาน ซึ่งเป็นการทำงานของสมองซีกซ้าย เมื่อเด็กๆ ใช้จนเกิดความชำนาญ เราจะนำเข้าสู่การใช้จินตภาพเพื่อการคำนวณ นั่นหมายถึง บทบาทของสมองซีกขวาได้ทำหน้าที่ ขณะที่เด็กๆ กำลังสนุกอยู่กับการคำนวณโดยจินตภาพนั้นเอง สมองของเขาทั้ง 2 ซีก กำลังทำงานอย่างประสานกันเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง (จิตรา พีชะพัฒน์, 2555) จินตคณิตจึงเป็นวิชาที่ว่าด้วยการพัฒนาการทำงานของสมอง โดยอาศัยลูกคิดเป็นเครื่องมือและอาศัยพฤติกรรมที่ต้องเรียนรู้ของเด็กสร้างภาพในสมองเพื่อฝึกสมองซีกซ้ายและซีกขวาให้เกิดดุลยภาพ (คัมภีร์ แอศิริ, 2553) เป็นการฝึกการคิดคล่องแคล่วไม่ใช่การนำจินตนาการมาใช้งาน

- จิตตปัญญาศึกษา (Contemplative Education) หมายถึง กระบวนการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตนเองโดยการพัฒนาจากด้านใน ได้แก่ จิตและการคิดด้วยการวิพากย์ตนเองอย่างใคร่ครวญ เรียนรู้จากการฝึกปฏิบัติกิจกรรมที่หลากหลาย จนเกิดการคิดใคร่ครวญด้วยจิตที่มีความเมตตากรุณา ทำให้จิตใจเปิดกว้าง สามารถทำความเข้าใจกับสิ่งต่างๆ มีคุณลักษณะ ความตระหนักรู้ในตนเอง ความเมตตากรุณา และจิตสาธารณะสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้กับการปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวัน (พัชรี ศิริมาก, 2554) แนวคิดจิตตปัญญาช่วยลดความวิตกกังวล ลดความเครียด ระบายความคับข้องใจและความรู้สึก รู้จักวิเคราะห์ปัญหาตนเองและปรับปรุงตนเองให้ดีขึ้น จึงเป็นการเน้นที่จิตใจไม่ใช่จินตนาการ

ความหมายของจินตวิศวกรรมจึงไม่ใช่ความหมายที่เป็นสาขาวิชาใหม่ของวิศวกร ไม่ใช่การเป็นวิศวกรจินตนาการ (Imaginary Engineering) ที่ได้แต่จินตนาการโดยไม่สามารถสร้างสิ่งใหม่ๆ ให้เกิดขึ้นจากจินตนาการ (Betty, and others, 2004) จินตวิศวกรรมสามารถใช้ได้ทุกสาขา ไม่ใช่เฉพาะวิศวกรรม ไม่ใช่การออกแบบที่ต้องใช้กับคอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีขั้นสูงเสมอไป

ตัวอย่างจินตวิศวกรรมของวอลท์ดิสนีย์ที่มีมาตั้งแต่ปี 1955 ก็ไม่ได้ใช้คอมพิวเตอร์ เทคนิคพิเศษ หรือเทคโนโลยีขั้นสูงแต่ประการใด (Dehrer, 2011) จินตนาการที่เกิดขึ้นก็ล้วนมาจากสภาพแวดล้อมที่พบเห็นและนำมาสร้างเป็นสิ่งใหม่ที่ต้องการ (Menefee, 2011)

2.3 มูลฐานแนวคิดจินตวิศวกรรม

เมื่อกล่าวถึงคำว่าจินตวิศวกรรมจะต้องกล่าวถึงหน่วยงานจินตวิศวกรรมของบริษัทวอลท์ดิสนีย์อยู่เสมอ เนื่องจากเป็นหน่วยที่ตั้งขึ้นและใช้คำว่าจินตวิศวกรรมมานานหลายสิบปี ถือเป็นต้นแบบและมีหน่วยงานมากมายนำแนวคิดและกระบวนการไปปรับประยุกต์ใช้ เพื่อให้เหมาะสมกับศาสตร์ในสาขาของตน หลักการจินตวิศวกรรมของวอลท์ดิสนีย์มีด้วยกัน 8 ประการ (Wright, 2008) ประกอบไปด้วย

1) ขอบเขตการพัฒนา: ต้องอยู่ในช่องว่างระหว่างการท่องเที่ยว ร้านอาหารและร้านค้า รวมถึงภูมิทัศน์ สถาปัตยกรรม เครื่องค้ำยัน องค์ประกอบการแสดง และส่วนที่ปรับปรุงเป็นพิเศษที่เพิ่มเข้ามา

2) ท้องฟ้าใส: ขั้นตอนแรกของแนวคิดต้องคิดว่าทุกอย่างเป็นไปได้ในแต่ละยุคสมัย ยังไม่ต้องพิจารณาเงื่อนไขอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งอาจจะเข้ามาคุมการคิดสร้างสรรค์จนกลายเป็นว่าท้องฟ้าปิด

3) ระดมสมอง: เป็นการรวบรวมวัตถุประสงค์ทั่วๆ ไป จากหลายแนวคิดเท่าที่จะเป็นไปได้ในเวลาที่สั้นที่สุดโดยถือว่าการระดมสมองในส่วนของจินตวิศวกรรมมักจะได้แนวคิดที่ดีที่สุด กฎเกณฑ์ที่ควรจำไว้คือ ไม่มีแนวคิดใดแย่และไม่ควรมีอะไรมายับยั้งกระแสแนวคิด

4) นั่งในมุมมืด: คำที่มักใช้ในการอธิบายถึงสถานที่ท่องเที่ยวที่มีเสน่ห์อย่างดินแดนมหัศจรรย์ ท่ามกลางผู้คน บ้านเรือนภายใน อาคารที่แสดง การนั่งในมุมมืดจะช่วยให้แยกได้มากขึ้นระหว่างองค์ประกอบการแสดง และการควบคุมแสงตามที่ต้องการ

5) การยกระดับ: การวาดสิ่งที่มองเห็นในระดับสายตาของวัตถุที่จะสร้างมักจะมาจากหลายฝ่ายโดยปราศจากมุมมองที่จะเห็นในโลกแห่งความจริง เพื่อความชัดเจนในการออกแบบและนำไปสู่การสร้าง

6) จลนศาสตร์: การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวของร่างกายและแรงที่กระทำ การย้ายและการเคลื่อนไหวในหน้าจอภาพทำเหมือนมีชีวิตและมีพลัง เหมือนกับการเคลื่อนไหวของยานพาหนะจะต้องเป็นอย่างไร การเปลี่ยนแปลงแสง เทคนิคพิเศษ หรือการแขวนป้ายการแขวนธงที่เคลื่อนไหวเมื่อมีลมพัด

7) การบวกเพิ่ม: เป็นคำที่วอลท์ ดิสนีย์ชอบใช้เสมอในการพยายามทำให้ความคิดดีขึ้นไปอีกจิตนวิศวกรจะพยายามทำงานต่อเนื่องเพิ่มขึ้นแม้ว่ามันจะเสร็จแล้ว

8) การแสดงหรือการนำเสนอ: เป็นทุกอย่างที่จะต้องนำไปบนเวที เมื่อเราให้ทุกสิ่งปรากฏในการแสดงทุกคนที่มาจากทุกที่ก็จะรู้มันคืออะไร สิ่งที่ได้ยิน ได้ยิ้มก็จะทำให้พวกเขากลับมาอีกครั้งทฤษฎีสนับสนุนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม

แนวคิดในการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นแนวการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Active Learning) กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดขึ้นด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนเป็นเพียงผู้แนะนำ

และสนับสนุนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง รากฐานแนวคิดในการนำจินตวิศวกรรมไปใช้ในการเรียนการสอนมีพื้นฐานมาจากกลุ่มคอนสตัคติวิสท์ (Constructivist) และกลุ่มพุทธิปัญญานิยม หรือคอนนิทีพวิสึ่ม (Cognitivism) โดยกระบวนการในการจัดการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม ในกลุ่มคอนสตัคติวิสท์ก็จะใช้แนวทางการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning) ที่ผู้เรียนต้องเสาะแสวงหาความรู้ที่จะนำไปสร้างสิ่งต่างๆ ตามจินตนาการ ขณะเดียวกันก็ต้องรู้ว่าจินตนาการมีความเป็นไปได้หรือไม่แค่ไหน ปัญหาอะไรที่ต้องเผชิญก็ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ควบคู่กับการสร้างสิ่งใหม่อันเป็นโจทย์ที่ต้องอาศัยการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) ซึ่งแต่ละเรื่องที่ต้องจินตนาการและสร้างให้เป็นรูปธรรมจากโจทย์และเป้าหมายคือโครงการ ก็ต้องเรียนรู้โดยอาศัยกรณีศึกษาเป็นฐาน (Case-based Learning) ทั้งหมดเป็นแนวคิดพื้นฐานที่ผู้เรียนต้องทำกิจกรรม เรียนรู้สาระสำคัญโดยการสืบเสาะแสวงหา อันนำไปสู่การอภิปรายและสรุปเป็นองค์ความรู้ สร้างให้เกิดสิ่งของเป็นรูปธรรมต่อไป (Loyens and Rikers, 2011)

ตารางที่ 2.1 การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมตามแนวคอนสตัคติวิสท์

วิธีการเรียนรู้	กระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม
การเรียนรู้แบบสืบเสาะ	ผู้เรียนต้องสืบเสาะหาวิธีการ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาและสร้างสิงที่ต้องการให้เป็นไปตามจินตนาการ
การเรียนรู้แบบโครงการเป็นฐาน	ผู้เรียนจะต้องทำโครงการตามที่จินตนาการเอาไว้ให้ออกมาเป็นรูปธรรม โดยกำหนดเป้าหมายโครงการและกระบวนการ
การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน	ผู้เรียนต้องนำจินตนาการมาทำการวิเคราะห์แก้ปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาหนทางในการแก้ไขและเตรียมพร้อมรับปัญหาต่าง ๆ
การเรียนรู้แบบกรณีศึกษา	ผู้เรียนต้องเรียนรู้กรณีศึกษาต่าง ๆ ที่เคยเกิดขึ้นมาก่อนและเกี่ยวข้องกับสิ่งที่ผู้เรียนจินตนาการที่จะให้เป็นจริง

ในส่วนของการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมที่มีพื้นฐานทฤษฎีพุทธิปัญญานั่นคือ ผู้เรียนจะต้องอาศัยจินตนาการที่อยู่ในมโนภาพของผู้เรียนเองซึ่งเป็นภาพในใจ (Mind Imagery) เป็นสิ่งที่ผู้เรียนจินตนาการขึ้นหรือเป็นความรู้เดิม (Prior Knowledge) ที่ฝังลึกอยู่ในความจำถาวร (Long Term Memory) นำจินตนาการมาเข้าสู่กระบวนการจัดกระทำให้เป็นรูปธรรม ทำสิ่งที่เป็นนามธรรม (Abstract) ให้กลายเป็นรูปธรรม (Concrete) ขั้นตอนกระบวนการนี้คือการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมที่ต้องควบคู่กับการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยการสืบเสาะ (Inquiry) ต้องสร้างผลงานให้ได้ตามโครงงาน (Project) ที่วางไว้จากจินตนาการ และต้องคอยแก้ไขปัญหา (Problem) ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นตลอดเวลาของการสร้างสรรค์ พร้อมทั้งเรียนรู้กรณีศึกษา (Case Study) ที่เคยเกิดขึ้นมาก่อนในแต่ละ

ขั้นตอนจนสำเร็จเป็นรูปธรรม ผู้เรียนก็จะเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองตลอดเวลา เป็นความรู้ที่จะอยู่กับผู้เรียนไปจนตลอดชีวิตเพราะติดอยู่ในความทรงจำถาวร

การประยุกต์จินตวิศวกรรมมาใช้ทางการศึกษา ปรากฏในวิธีการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม ซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน นำจินตนาการในความคิดของมนุษย์มาทำให้กลายเป็นสรรพสิ่งเกิดขึ้นจริง ซึ่งยังมีกิจกรรมทางการศึกษาอีกมากมายที่ต้องการประยุกต์แนวคิดจินตวิศวกรรม เพื่อทำให้การเรียนรู้บางสิ่งที่เป็นนามธรรมกลายเป็นสิ่งที่เป็นรูปธรรม เกิดความเข้าใจและนำไปใช้ประโยชน์ได้ในที่สุด แนวคิดจินตวิศวกรรมจึงรอนักการศึกษาและครูอาจารย์นำไปประยุกต์ใช้ เพื่อประโยชน์แก่การศึกษาของชาติต่อไป

2.4 กระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม

แนวคิดการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมเป็นการสังเคราะห์กระบวนการจินตวิศวกรรมมาจากวอลท์ดิสนีย์ (Wright, 2008) แนวทางจินตวิศวกรรมของมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เบรดา (Breda University of Applied Science, 2012) แนวคิดของชมรมจินตวิศวกรรม (Yates, 2012; Paczuska, 2012) แบบจำลอง ABC ในการสอนแบบจินตวิศวกรรม (Nijs, and Peters, 2002) การใช้จินตวิศวกรรมในชั้นเรียนวิชาสื่อคอมพิวเตอร์ (Guzdial, and Tew, 2006) กระบวนการจินตวิศวกรรมมาช่วยในการทำงาน (Langford, 2010) แบบจำลองจินตวิศวกรรม (Prosperi, 2011) และขั้นตอนการแข่งขันหุ่นยนต์อาชีวศึกษา 5 ขั้น (สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา, 2555) จนได้กระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม 6 ด้าน 17 ขั้นตอน (ปรัชญนันท์ นิลสุข และ ปณิตา วรรณพิรุณ, 2556) ประกอบด้วย

1) การจินตนาการ (Imagine) ได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดโจทย์จินตนาการของผลงาน (Problem) ขั้นตอนการระดมสมองจินตนาการผลงาน (Brainstorm) ขั้นตอนการแสดงความคิดเห็น (Discussion) ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility)

2) การออกแบบ (Design) ได้แก่ ขั้นตอนการร่างแบบ (Draft) ขั้นตอนการเขียนสคริปต์ (Script) ขั้นตอนการเขียนสตอรี่บอร์ด (Story Board) ขั้นตอนการสร้างจำลอง (Prototype)

3) การพัฒนา (Develop) ได้แก่ ขั้นตอนการสร้าง (Create) ขั้นตอนการทดสอบการทำงาน (Test)

4) การนำเสนอ (Present) ได้แก่ ขั้นตอนการแสดงผลงาน (Show) ขั้นตอนการแข่งขัน (Contest) และขั้นตอนการรับฟังความคิดเห็น (Suggestion)

5) การปรับปรุง (Improvement) ได้แก่ ขั้นตอนการแก้ไขผลงาน (Revised) ขั้นตอนการสรุปผลงาน (Conclusion)

6) การประเมินผล (Evaluate) ได้แก่ ขั้นตอนการประเมินตามจินตนาการ (Process Evaluation) ขั้นตอนการประเมินคุณภาพงาน (Product Evaluation)

ภาพที่ 2.1 แบบจำลองกระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม
ที่มา: ปรัชญนันท์ นิลสุข และปณิตา วรรณพิรุณ (2556)

กระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมจึงเป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นผู้เรียนให้เรียนรู้ด้วยตนเอง มีความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมได้ (Parnership for 21st century skills, 2009) ซึ่งเป็นปัญหาของนักศึกษาไทยในปัจจุบันที่ขาดการคิดวิเคราะห์และไม่สามารถสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างที่ควรจะเป็น

2.5 การจัดการเรียนการสอนแบบจินตวิศวกรรม

ปรัชญนันท์ นิลสุข และ ปณิตา วรรณพิรุณ (2556) กล่าวว่าการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนในทุกระดับการศึกษา เพราะจินตนาการสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกระดับของผู้เรียน ตั้งแต่อนุบาลจนไปถึงผู้ใหญ่วัยทำงาน ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และจัดการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์สิ่งที่ตนเองคิดจากจินตนาการได้เป็นระบบ กำหนดโจทย์ปัญหาที่นำไปสู่ผลงาน เสนอกระบวนการในรูปของโครงงานให้ผู้เรียนได้สร้าง ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น รู้จักที่คิดออกแบบและสร้างชิ้นงานด้วยตนเอง ตลอดจนได้แสดงออกโดยการนำเสนอผลงานของตนเองในรูปแบบต่างๆ พร้อมทั้งรับฟังข้อเสนอแนะและคำติชมนำไปปรับปรุงแก้ไขจนได้สิ่งที่สมบูรณ์ตามจินตนาการที่คาดหวัง ทำให้ผู้เรียนเกิดความรักในการที่จะเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญอย่างแท้จริง มีรายละเอียด ดังนี้

1) การจินตนาการ ผู้เรียนตั้งแต่วัยอนุบาลย่อมมีจินตนาการในความคิดเสมอ เหมือนกับให้เด็กเล็กๆ ปั้นดินน้ำเป็นรูปสัตว์ประหลาดต่างๆ เด็กก็สามารถที่จะปั้นเป็นทรวดทรงต่างๆ ตามจินตนาการของตนเอง แม้จะไม่สวยงาม ไม่เหมือนตัวจริงของสัตว์ประหลาดในนิยายหรือการ์ตูน แต่เป็นจินตนาการตามภาพในความคิดของเด็กๆ เมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่ถ้าเขายังได้รับการพัฒนาจินตนาการของเขาอย่างต่อเนื่อง ก็จะเป็นนักคิดที่ยิ่งใหญ่ นักสร้างสรรค์ที่มีคุณค่า เมื่อผู้เรียนโตขึ้นมาเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยได้รับโจทย์ที่ต้องสร้างชิ้นงานนำไปแก้ปัญหา เขาก็จะจินตนาการได้อย่างอิสระ อาจใช้การระดมสมองร่วมกับผู้อื่น โดยอาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่มาร่วมกันศึกษาความเป็นไปได้ในสิ่งที่จินตนาการ และพยายามทำสิ่งเหล่าให้ให้เป็นจริง สิ่งที่ผู้สอนจะต้องเข้าใจก็คือให้อิสระในการจินตนาการแก่ผู้เรียน และยอมรับความคิดเห็นของผู้เรียนแม้ว่าจะไม่ถูกใจผู้สอนก็ตามที

2) การออกแบบ ผู้เรียนจะต้องไม่ถูกปิดกั้นความคิดและจินตนาการให้การออกแบบการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมจึงไม่ต้องการกำหนดกฎเกณฑ์หรือกรอบในการออกแบบ ให้อิสระและออกแบบสิ่งที่ต้องการได้อย่างไม่มีขีดจำกัด มีเครื่องมือในการช่วยการออกแบบที่จะสะท้อนจินตนาการของผู้เรียน เช่น การร่างแบบ การเขียนภาพประกอบแสดงเรื่องราว การเขียนลำดับขั้นตอนเพื่อความเข้าใจร่วมกัน ตลอดจนการทำโครงร่างแบบเพื่อจำลองตัวชิ้นงานที่ต้องการก่อนลงมือจริง โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ หรืออาจสอนวิธีการร่างแบบ การเขียนสตอรี่บอร์ด การเขียนสคริปต์ อย่างเป็นลำดับขั้น แต่ไม่เข้าไปแก้ไขจินตนาการหรือการออกแบบที่ผู้เรียนดำเนินการอยู่ เป็นขั้นตอนการเรียนที่ยืดหยุ่นปรับตามความคิดของผู้เรียนได้ตลอดเวลา

3) การพัฒนา เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนเริ่มสร้างสิ่งที่ตนเองได้ออกแบบเอาไว้ เป็นสิ่งที่ออกมาจากจินตนาการแล้วทำให้เป็นรูปร่างอย่างแท้จริง ผู้เรียนในทุกระดับสามารถสร้างผลงานของตนเองในทุกวิชาได้ถ้าผู้สอนยอมรับความคิดและจินตนาการที่ผู้เรียนออกแบบ โดยไม่ติดอยู่กับวัตถุว่าจะต้องออกมาสวยงาม ใช้งานได้จริง มีคุณภาพ มีประสิทธิภาพ การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมไม่ได้ต้องการความสวยงามความสมบูรณ์ของชิ้นงาน ถ้าผลงานที่เกิดขึ้นมีการทดสอบการใช้งาน การทดสอบประสิทธิภาพ การทดสอบคุณภาพ จนสามารถใช้งานได้จริงก็ถือว่าเป็นสิ่งที่ดีน่ายินดีและชื่นชม แต่ถ้าผู้เรียนไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้สมบูรณ์ตามจินตนาการ ให้ถือว่าชิ้นงานในเป็นต้นแบบของจินตนาการไม่ใช่ความล้มเหลวของการเรียนรู้ ชิ้นงานต้นแบบนั้นผู้เรียนสามารถอธิบายจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของตนได้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาต่อไป

4) การนำเสนอ เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทุกคนจะต้องนำผลงานที่พัฒนาขึ้น ไม่ว่าด้วยตัวคนเดียวหรือกลุ่มออกแสดง พร้อมทั้งนำเสนอปากเปล่าในลักษณะของการอรรถาธิบาย ผลงานสิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม งานศิลปะ ชิ้นงานวิศวกรรม หรือกระบวนการใดๆ ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นให้นำเสนอหน้าชั้นเรียนเป็นเบื้องต้น จะโดยนำเสนอปากเปล่า นำเสนอในรูปบอร์ด โปสเตอร์ ทำสไลด์มัลติมีเดีย สุดแล้วแต่ความสามารถของผู้เรียน ผู้สอนอาจจัดเป็นนิทรรศการแสดงผลงานในห้องเรียน โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย โดยให้นักศึกษาเป็นผู้จัดการพื้นที่นำเสนอผลงานของตนเอง มีการแข่งขันและให้รางวัลผู้เรียน โดยไม่มีลำดับที่ 1-2-3 แต่ให้เป็นระดับหัวใจ เป็นรูปดาว เป็นเหรียญทอง เงิน ทองแดง โดยทุกผลงานควรได้รับรางวัลใดรางวัลหนึ่ง พร้อมทั้งขอให้ผู้เรียนคนอื่นๆ แสดงความคิดเห็นชื่นชม หรือข้อเสนอแนะเชิงบวกกับทุกผลงาน ผู้สอนอาจส่งผลงานของผู้เรียน หรือคัดเลือกผลงานเข้าประกวดในระดับโรงเรียน จังหวัด และประเทศต่อไป

5) การปรับปรุง เป็นขั้นตอนการสะท้อนผลของการนำเสนอ เมื่อผู้เรียนได้นำผลงานของตนเองในลักษณะต่างๆ มานำเสนอแล้ว ผู้สอนมีบทบาทในการให้คำแนะนำร่วมกับผู้เรียนคนอื่นๆ อาจจะเชิญผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญมาให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม แต่ต้องระวังการให้ข้อเสนอแนะที่มากเกินความสามารถของผู้เรียนจะทำได้ ระมัดระวังการให้ข้อเสนอแนะเชิงลบจนกลายเป็นการสบประมาทจนทำให้ผู้เรียนท้อถอยและล้มเลิกจินตนาการ ให้ข้อแนะนำที่เหมาะสมเป็นกำลังใจให้ผู้เรียนในการแก้ไขปรับปรุงผลงาน ให้ระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับผู้เรียนได้ปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องกับจินตนาการของเขามากที่สุด จนได้ผลงานในขั้นสุดท้ายที่สะท้อนจินตนาการที่แท้จริงของผู้เรียน ไม่จำเป็นต้องเป็นผลงานดีเลิศ สมบูรณ์แบบ หรือใช้งานได้จริง ขอแค่เป็นผลงานที่ผู้เรียนยอมรับว่าเป็นไปตามจินตนาการอันแท้จริงของเขาเหล่านั้นเป็นอันสิ้นสุด

6) การประเมินผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่ผู้เรียนและผู้สอนควรดำเนินการร่วมกัน โดยผู้เรียนควรประเมินตนเองว่าผลงานของตนเองนั้นเป็นไปตามจินตนาการเบื้องต้นหรือไม่ ได้ตามความคิดและตอบโจทย์ที่ตั้งเอาไว้แต่ต้นหรือไม่ ผู้เรียนประเมินผลงานตนเองตามคุณภาพของงานที่เกิดขึ้นจริง โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินสรุปเพื่อเทียบเคียงกับผู้เรียน โดยผู้สอนประเมินจากการออกแบบของผู้เรียนในเบื้องต้น ชิ้นงานที่สร้างตรงตามจินตนาการและการออกแบบ ผลการนำเสนอผลงานของผู้เรียนเป็นที่ประทับใจทั้งผู้สอนและผู้ชมอื่นๆ ตลอดจนประเมินความมานะพยายาม การทำงานร่วมกันของผู้เรียนในการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ไม่ว่าจะมีผลงานสมบูรณ์หรือบกพร่องก็สามารถประเมินคุณภาพผลงานได้ทั้งสิ้น

2.6 การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมกับการปฏิรูปการเรียนรู้

การศึกษาของประเทศประสบปัญหาอย่างมากเพราะการเรียนการสอนเน้นที่เนื้อหา ผู้เรียนทุกคนจำเป็นต้องเรียนรู้เนื้อหาวิชาเพื่อนำไปใช้ในการสอบแข่งขัน ผู้สอนก็จำเป็นต้องทุ่มเทการสอนไปที่เนื้อหาวิชาเพื่อการสอบแข่งขัน ผู้เรียนของไทยเรียนเนื้อหามากที่สุดแต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลับต่ำกว่าประเทศอื่นๆ ทั้งสิ้น ขณะที่การปรับปรุงหลักสูตรและวิธีการสอนใหม่ๆ ต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะในการใช้ชีวิต ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม มุ่งที่จะให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ เป็นผู้มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รู้จักการแก้ปัญหา สามารถสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (Partnership for 21st century skills, 2009) ซึ่งการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมจะช่วยตอบโจทย์สิ่งเหล่านี้ได้ดี เนื่องจาก

1) การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนโดยผู้เรียนเป็นสำคัญ และนำไปสู่ผลงานที่เป็นนวัตกรรมความคิดสร้างสรรค์

2) การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องจินตนาการและใช้ความคิดอ่านในการที่จะแก้ไขปัญหาจากโจทย์ที่กำหนดด้วยตนเองหรือร่วมกับผู้อื่น

3) การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องฝึกทำงานร่วมกับผู้อื่น การทำงานเป็นกลุ่ม การทำงานเป็นทีมและต้องสื่อความหมายกับผู้อื่นได้

4) การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องฝึกความกล้าในการแสดงออกและรู้จักที่จะรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นๆ พร้อมยอมรับและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด

5) การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดและทักษะการปฏิบัติมากกว่าการสอนเพียงเนื้อหา ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จริงและมีทักษะปฏิบัติได้

6) การเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม เป็นการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการปฏิรูปการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและผู้สอนเป็นผู้แนะนำอำนวยความสะดวก

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยเกี่ยวกับสื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อการศึกษา

จิรกานต์ หนูเกื้อ และ อริสา ศรเลิศล้ำวาณิช (2556) ได้ศึกษาการผลิตสื่อคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนรู้ เรื่องอาการท้องเสียจากยาต้านเชื้อแบคทีเรีย มีวัตถุประสงค์ที่จะคัดเลือกและสรุปข้อมูลทางวิชาการที่น่าเชื่อถือ ของการเกิดอาการท้องเสียจากยาต้านเชื้อแบคทีเรีย เพื่อมาเรียบเรียงและนำเสนอในรูปแบบของ ภาพเคลื่อนไหว (Stop Motion) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งมีข้อดีในการนำเสนอเรื่องราวที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายมากกว่าการนำเสนอด้วยวิธีอื่นๆ สื่อคอมพิวเตอร์นี้ใช้ระยะเวลาจัดทำประมาณ 3 เดือน มีความยาวทั้งสิ้น 10 นาที 50 วินาที เมื่อจัดทำสื่อคอมพิวเตอร์เสร็จสิ้นในเบื้องต้น ได้มีการสำรวจความพึงพอใจและประโยชน์ที่ได้รับ โดยทำการสำรวจในนักศึกษาเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ชั้นปี ที่ 2 ถึงชั้นปี ที่ 5 ด้วยการใช้แบบสอบถาม พบว่าจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน ได้คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 8.75 ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีความเข้าใจเกี่ยวกับอาการท้องเสียที่เกิดจากยาต้านเชื้อแบคทีเรียมากขึ้น แบ่งเป็น มากที่สุด (ร้อยละ 17.95) มาก (ร้อยละ 67.52) ปานกลาง (ร้อยละ 14.25) และไม่เลย (ร้อยละ 0.28) และคิดว่าสื่อคอมพิวเตอร์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนเรื่องอาการท้องเสียที่เกิดจากยาต้านเชื้อแบคทีเรีย แบ่งเป็นมากที่สุด (ร้อยละ 27.35) มาก (ร้อยละ 66.10) และปานกลาง (ร้อยละ 6.55) นอกจากนี้ยังมีข้อคิดเห็นอื่นๆ ที่หลากหลาย ตัวอย่างเช่น มีรูปแบบในการนำเสนอดี ช่วยให้เข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น เสียงไม่ชัดในบางช่วงอธิบายกลไกเร็วเกินไปบทบรรยายเห็นไม่ชัด เป็นต้น จากผลการประเมินในนักศึกษาเภสัชศาสตร์นี้ พบว่าสื่อคอมพิวเตอร์ที่จัดทำขึ้นมีส่วนช่วยให้เข้าใจและส่งเสริมการเรียนให้ดีมากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่าการใช้สื่อคอมพิวเตอร์ประกอบการเรียนน่าจะมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาหลักของบทเรียนและสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ด้วยตนเองได้อย่างเป็นระบบ การพัฒนาและสร้างสื่อการสอนเรื่องอื่นๆ เพิ่มขึ้นในอนาคต จึงน่าจะมีส่วนช่วยพัฒนาระบบการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน สุรเดช ศรีทา กฤษณา โภคพันธ์ และ กฤษณา ชินสิญจน์ (2555) ได้ศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหว มีจุดประสงค์เพื่อส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องการแบ่งเซลล์ ในวิชาชีววิทยา 1 โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 115 คน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ประกอบด้วยคำถามปลาย เปิดจำนวน 7 ข้อ ทั้งก่อนและหลัง

การจัดการเรียนรู้ และให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ในแต่ละครั้งที่เรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ เวลาที่นักเรียนใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว การลงมือปฏิบัติด้วยตนเองในห้องเรียน ความกระตือรือร้นของนักเรียนในการหาความรู้เพิ่มเติมและข้อเสนอแนะจากการอภิปรายในชั้นเรียน

บุศรินทร์ เอี่ยมธนากุล (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนประเภทภาพยนตร์การ์ตูน 2 มิติ เรื่องธรรมะ DESIGN ตอนไม้เท้ายอดกตัญญู ที่ศึกษาการพัฒนาสื่อประเภทภาพยนตร์การ์ตูน 2 มิติ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คนมีความพึงพอใจต่อสื่อแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการ์ตูนแอนิเมชั่น มีค่าเฉลี่ย 4.63 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 2) ด้านแบบฝึกหัด มีค่าเฉลี่ย 4.83 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.36 และ 3) ด้านเกมจิ๊กซอว์ มีค่าเฉลี่ย 4.78 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 และสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นอย่างดี

พงศธร ลิ้มชนะกุล, อุรีรัฐ สุขสวัสดิ์ชน และ จักริน สุขสวัสดิ์ชน (2558) ได้ศึกษาการสร้างสื่อการเรียนรู้ภาพเคลื่อนไหวเรื่องการหลอมรวมรูปภาพ e-Learning of Animation for Morphing Image โดยสื่อการเรียนรู้การหลอมรวมรูปภาพในรูปแบบแอนิเมชัน แบ่งเป็นสามส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นทฤษฎีของการหลอมรวมรูปภาพ ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ส่วนนี้ในรูปแบบวีดิโอ ส่วนที่สองเป็นเครื่องมือที่ผู้ใช้สามารถปฏิบัติ สร้าง และแสดงผลลัพธ์ของการหลอมรวมรูปภาพ ส่วนที่สามเป็นแบบทดสอบ ผู้จัดทำได้ทดลองระบบสื่อการเรียนรู้กับผู้ใช้จานวนสิบคนที่ไม่มีความรู้มาก่อน พบว่ามีค่าเฉลี่ยก่อนการเรียนรู้ที่ 0.68 และหลังการเรียนรู้ด้วยระบบของเราที่ 4.05

สุวิทย์ จุลศรี และ ณัฐพงษ์ พระลับรักษา (2558) ได้ศึกษาการผลิตสื่อวีดิทัศน์ในรูปแบบมิวสิควีดิโอโดยใช้เทคนิคสตอปโมชัน มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสื่อวีดิทัศน์ในรูปแบบมิวสิควีดิโอโดยใช้เทคนิคสตอปโมชัน เพลงคนบนฟ้า เพื่อศึกษาระดับคุณภาพของมิวสิควีดิโอ เพลงคนบนฟ้า กลุ่มเป้าหมายคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อวีดีทัศน์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จำนวน 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ สื่อการสร้างเทคนิคสตอปโมชันเพลงคนบนฟ้า แบบประเมินคุณภาพ สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า วีดิทัศน์เพลงคนบนฟ้าในรูปแบบมิวสิควีดิโอ โดยใช้เทคนิคสตอปโมชัน ความยาว 3.35 นาที เทคนิคที่ใช้ ได้แก่ Keying Ultra Key, Stylize Alpho Glow, Magic bullet looks, Motion 2) ผลการประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญที่รับชมสื่อการสร้างเทคนิคสตอปโมชันในรูปแบบสื่อวีดิทัศน์เพลงคนบนฟ้ามีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

Cynthia and others (2014) ได้พัฒนา Stop Motion ด้วย iPad เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องเซลล์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เพื่อศึกษาการพัฒนา Stop Motion ด้วย iPad เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องเซลล์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี และนำเสนอข้อค้นพบเกี่ยวกับความเชื่อมั่นและการใช้ iPad เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวกับชีววิทยาเบื้องต้นแก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี

ซึ่งพบว่า นักศึกษาใช้ iPad ในการค้นคว้า เข้าถึง และแบ่งปันข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการของเซลล์อย่างกว้างขวาง ทำให้นักศึกษามีความคุ้นเคยกับการใช้ iPad ในการสนับสนุนการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น และจากประสบการณ์จากการใช้ iPad และแอปพลิเคชันเป็นช่องทางในการพัฒนาแนวคิดและสร้างสรรค์ พบว่าช่วยเพิ่มความเข้าใจเนื้อหา ทักษะในการสื่อสารของนักศึกษามากขึ้น และช่วยให้พวกเขามีทางเลือกสำหรับการรวบรวมและแบ่งปันทรัพยากรซึ่งกันและกันอีกด้วย

3.2 งานวิจัยเกี่ยวกับจินตวิศวกรรม

อารัญ วรรณะอานนท์ และ สมภพ ตลับแก้ว (2554) ได้ศึกษารูปแบบสื่อประสมเพื่อช่วยในการสอนรายวิชาจินตวิศวกรรม: การทบทวนวรรณกรรม พบว่า ครูผู้สอนจะต้องอธิบายหรือพิสูจน์ให้ผู้เรียนเข้าใจในการจินตนาการเพื่อสร้างจินตภาพ ปรากฏการณ์ต่างๆ ในเนื้อหารายวิชาที่สอน และเมื่อผู้เรียนเกิดความเข้าใจจะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้อย่างแน่นอน

จิระ จิตสุภา ปรัชญนันท์ นิลสุข และจุฬาลักษณ์ วัฒนานนท์ (2557) ได้ศึกษาการเรียนรู้อย่างเป็นระบบกับการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมของนักศึกษาปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์ที่มีประสบการณ์ต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ (SDLC-based Learning) กับการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม (Imagineering Learning) ของนักศึกษาปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิตที่มีประสบการณ์ต่างกันในด้านการทำโครงงานคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยกลุ่มตัวอย่างจากนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ลงทะเบียนในภาคเรียนที่ 2/2555 จำนวน 110 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ นักศึกษาที่ไม่มีประสบการณ์การทำโครงงานคอมพิวเตอร์ จำนวน 53 คน และนักศึกษาที่มีประสบการณ์การทำโครงงานคอมพิวเตอร์ จำนวน 57 คน โดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 33 ข้อ เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test พบว่า นักศึกษาที่มีประสบการณ์การทำโครงงานคอมพิวเตอร์และนักศึกษาที่ไม่มีประสบการณ์การทำโครงงานคอมพิวเตอร์มีผลรวมของการเรียนรู้อย่างเป็นระบบและการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมอยู่ในระดับมาก การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบกับการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม พบว่า นักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาคอมพิวเตอร์มีผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบกับการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปรัชญนันท์ นิลสุข และ ปณิตา วรรณพิรุณ (2556) ได้เผยแพร่แนวคิดการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมที่ได้จากการสังเคราะห์กระบวนการจินตวิศวกรรมที่หลากหลาย จนได้กระบวนการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรม 6 ด้าน 17 ขั้นตอน ดังนี้

1. การจินตนาการ (Imagine) ได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดโจทย์จินตนาการ (Problem) ขั้นตอนการระดมสมองจินตนาการ (Brainstorming) ขั้นตอนการแสดงความคิดเห็น (Discussion) ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility)

2. การออกแบบ (Design) ได้แก่ ขั้นตอนการร่างแบบ (Draft) ขั้นตอนการเขียนสคริปต์ (Script) ขั้นตอนการเขียนสตอรี่บอร์ด (Story board) และขั้นตอนการสร้างจำลอง (Prototype)

3. การพัฒนา (Develop) ได้แก่ ขั้นตอนการสร้าง (Create) และขั้นตอนการทดสอบการทำงาน (Test)

4. การนำเสนอ (Present) ได้แก่ ขั้นตอนการแสดงผลงาน (Show) ขั้นตอนการแข่งขัน (Contest) และขั้นตอนการรับฟังความคิดเห็น (Suggestion)

5. การปรับปรุง (Improvement) ได้แก่ ขั้นตอนการแก้ไขผลงาน (Revised) และขั้นตอนการสรุปผลงาน (Conclusion)

6. การประเมินผล (Evaluate) ได้แก่ ขั้นตอนการประเมินตามจินตนาการ (Process Evaluation) และขั้นตอนการประเมินคุณภาพงาน (Product Evaluation)

Watthannaon (2015) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์จากการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาและการเรียนรู้ตามแบบจำลองจินตวิศวกรรมของนักศึกษาปริญญาตรีสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เรียนรู้ด้วยกระบวนการสะเต็มศึกษา จำวนวน 30 คน และกลุ่มที่เรียนรู้ตามแบบจำลองจินตวิศวกรรม จำนวน 30 คน แต่ละกลุ่มมีความรู้ความสามารถด้านเทคโนโลยีมัลติมีเดียอย่างเท่าเทียมกัน เก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจและทัศนคติในการเรียนรู้จากกระบวนการเรียนรู้ทั้งสอง การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และผลงานการออกแบบและพัฒนาแฟ้มสะสมข้อมูล (Portfolio) สถิติที่ใช้ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจและทัศนคติต่อการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาสูงกว่ามากกว่าการเรียนรู้ตามแบบจำลองจินตวิศวกรรม ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสะเต็มศึกษาสูงกว่าการเรียนรู้แบบจินตวิศวกรรมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนใน 3 ประเด็น ได้แก่ การให้ความร่วมมือในกลุ่มของผู้เรียนด้วยกัน ความสุขในการเรียน และการมีส่วนร่วมในการเรียน พบว่าค่าเฉลี่ยการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษาสูงกว่าการเรียนรู้ด้วยจินตวิศวกรรมในทุกด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่พบว่าการออกแบบและการพัฒนา Portfolio ผู้เรียนกลับมีค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยจินตวิศวกรรมสูงกว่า STEM อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากกระบวนการเรียนรู้ตามแบบจินตวิศวกรรมที่มีกระบวนการเรียนรู้ที่ชัดเจนประกอบด้วย 6 ด้าน 17 ขั้นตอน ได้แก่ การจินตนาการ (Imagine) ได้แก่ การกำหนดโจทย์จินตนาการของผลงาน (Problem) การระดมสมองจินตนาการผลงาน (Brainstorm) การแสดงความคิดเห็น (Discussion) และการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจินตนาการ (Feasibility) 2) การออกแบบ (Design) ได้แก่ การร่างแบบ (Draft) การเขียนสคริปต์ (Script) การเขียนสตอรี่บอร์ด (Story board) และการสร้างจำลอง (Prototype) 3) การพัฒนา (Develop) ได้แก่ การสร้าง (Create) และการทดสอบการทำงาน (Test) 4) การนำเสนอ (Present) ได้แก่ การแสดงผลงาน (Show) การแข่งขัน (Contest) และการรับฟังความคิดเห็น (Suggestion) 5) การปรับปรุง (Improvement) ได้แก่ การแก้ไขผลงาน (Revised) และการสรุปผลงาน (Conclusion) และ 6) การประเมินผล (Evaluate) ได้แก่ การประเมินตามจินตนาการ (Process Evaluation) และการประเมินคุณภาพงาน (Product Evaluation) มีความเหมาะสมที่จะ

นำมาเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษาปฐมวัย เพื่อให้มีความรู้ความสามารถในการจินตนาการ การออกแบบ และการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน โดยในที่นี้เป็นการออกแบบและพัฒนาสื่ออิเล็กทรอนิกส์ประเภท Stop Motion เนื่องจากผู้เรียนจะได้มีโอกาสในการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งการปั้น การวาด การสร้างฉาก การถ่ายภาพ การพากษ์เสียง การตัดต่อและการใส่เสียงบรรยาย เป็นต้น ซึ่งการเรียนรู้เหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษาปฐมวัยในการออกแบบและพัฒนาสื่อสำหรับเด็กปฐมวัยต่อไป

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อนิทานอิเล็กทรอนิกส์เพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษาปฐมวัยตามแบบจำลองจินตวิศวกรรม ได้กรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้