ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิลปศาสตรดุษฎีบัณฑิต (อาชีวศึกษา)

ปริญญา

อาชีวศึกษา	อาชีวศึกษา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก สำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Development of Learning Activities by Project-Based Learning Approach for Construction of the Object Made of Digital Electronic Blocks of Electronic Technology Students of Phetchaburi Rajabhat University

นามผู้วิจัย นายเที่ยง เหมียดไธสง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์ชัยฤทธิ์ โพธิสุวรรณ, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์สุนันท์ สังข์อ่อง, ค.ด.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์พนิต เข็มทอง, Ed.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์พีรพงศ์ ทิพนาค, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก สำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Development of Learning Activities by Project-Based Learning Approach for Construction of the Object Made of Digital Electronic Blocks of Electronic Technology Students of Phetchaburi Rajabhat University

โดย

นายเที่ยง เหมียดไธสง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศิลปศาสตรดุษฎีบัณฑิต (อาชีวศึกษา)
พ.ศ. 2552

เที่ยง เหมียดไธสง 2552: การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอล อิเล็กทรอนิกส์บล็อก สำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ปริญญาศิลปศาสตรดุษฎีบัณฑิต (อาชีวศึกษา) สาขาวิชาอาชีวศึกษา ภาควิชาอาชีวศึกษา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ชัยฤทธิ์ โพธิสุวรรณ, Ph.D. 269 หน้า

การเตรียมคนเข้าสู่อุตสาหกรรมในปัจจุบันที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว สถานศึกษามีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงต่อภารกิจที่สำคัญนี้ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี พบว่ามีปัญหาการเรียนการสอนด้านความรู้และทักษะในการทำงานโดยเฉพาะการคิดและการแก้ปัญหา อีกทั้งการไม่ยอมรับบัณฑิตที่จบจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเข้าทำงานในสถานประกอบการ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการสอนโดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน บนพื้นฐานแนวคิดทฤษฎี คอนสตรักชันนิซึม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการเรียนการสอนดังกล่าวเพื่อให้นักศึกษามีความรู้และทักษะในการทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2) ศึกษาผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกด้านต่างๆคือ 2.1) ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2.2) ด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2.3) ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้านดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2.4) การสะท้อนความคิดจากการกระทำของนักศึกษาในการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก กระบวนการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 ออกแบบขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้โดยสังเคราะห์จากทฤษฎี และออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ระยะที่ 2 ศึกษาผลการเรียนรู้ ด้านมโนทัศน์ การแก้ปัญหา การเรียนรู้ร่วมกัน และการสะท้อนความคิดจากการกระทำ ประชากรที่ศึกษาเป็นนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 36 คน ดำเนินการเก็บและ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการเชิงปริมาณและคุณภาพ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานประกอบด้วย 6 ขั้น คือ 1.1) แนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงาน 1.2) นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.3) นักศึกษาสะท้อนความคิดเห็นจากการเล่น 1.4) นักศึกษาจินตนาการถึงโครงงานที่จะทำและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน 1.5) นักศึกษาสร้างสรรค์ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.6) นักศึกษาเล่นกับชิ้นงานและถ้าต้องการให้นักศึกษาสร้างโครงงานได้เร็วเสริมด้วยใบกิจกรรม 2) ผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้านต่างๆคือ 2.1) นักศึกษาเกิดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2.2) มีรูปแบบการแก้ปัญหาสองวิธี คือ แบบลำดับและแบบสุ่ม 2.3) นักศึกษามีการเรียนรู้ร่วมกันโดยการแลกเปลี่ยนกันด้วยกระบวนการประสบการณ์ภายในถูกนำออกมาแลกเปลี่ยนภายนอกและประสบการณ์ภายนอกจะปรับประสบการณ์ภายในเป็นวงจรไม่มีสิ้นสุด และ 2.4) มีกระบวนการสะท้อนความคิดจากการทำโครงงาน จากการรู้ในการกระทำไปเป็นความรู้ในการกระทำ นักศึกษาจะสะท้อนความคิดทุกครั้งที่เกิดปัญหาและความประหลาดใจ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ

Thiang Meadthaisong 2009: Development of Learning Activities by Project-Based Learning Approach for Construction of the Object Made of Digital Electronic Blocks of Electronic Technology Students of Phetchaburi Rajabhat University. Doctor of Philosophy (Vocational Education), Major Field: Vocational Education, Department of Vocational Education.
Thesis Advisor: Associate Professor Chairit Photisuvan, Ph.D. 269 pages.

Industries require a supply of people to cope with a rapidly and dramatically changing world. The University has a mission and is responsible for satisfying that need. The Technology Industries Facuty of Phetchaburi Rajabhat University found that there was a problem in the learning and the teaching of knowledge and skills for use in the workplace. The specialty is thinking skills, problem solving skills and graduates who have not been accepted in the workplace. The research methodology is teaching by a project-based learning approach for the construction of the object made of digital electronic blocks based on Constructionism for problem solving as students lack of knowledge and skills in work. The objectives of this research were: 1) to develop a learning activity by project-based learning approach for construction made of digital electronic blocks. 2) to study of learning achievement by project-based learning approach for construction of object made of digital electronic blocks in four areas: 2.1) digital electronic concepts; 2.2) problem solving electronics project.; 2.3) collaboration in constructing the electronics project and 2.4) study of reflect in action of using digital electronic blocks to help in the building of a product. The research process has two main steps: 1) the design step, of learning activity by systhesis from the theory and design of digital electronic blocks. 2) study of learning achievement in four areas: digital electronic concept, problem solving, collaboration and reflect in action. The population used in the study was Electronic Technology students of Phetchaburi Rajabhat University consisting of 36 people. Collection data and analysis was undertaken using both quatitative and qualitative methodologies..

The findings can be concluded that 1) project-based learning activity consists of six steps: 1.1) introduction which gave basic knowledge needed to build; 1.2) students play with digital electronic blocks; 1.3) students reflect in action from play 1.4) students imagin building the project to and share ideas; 1.5) students build the project 1.6) students play with the product. If we require the students to build the project quickly we support by giving them the activity work sheet to guide them. 2) learning achievement 2.1) students acquire the digital electronic concept; 2.2) students acquire the problem solving method two types: order and random; 2.3) students collaborat by sharing external experiences and internal experiences as continuing loop; 2.4) students reflect- in -action of building the project using the concepts of knowing- in-action to knowledge- in -action. Student will reflect every time when they cncounter problems and surprise.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงได้เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นพยายามของผู้วิจัย และความเมตตากรุณาของบุคคลที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่อยู่เบื้องหลังมา ณ ที่นี้ โดยเฉพาะรองศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ โพธิสุวรรณ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทาง ให้กำลังใจเมื่อผู้วิจัยท้อใจ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ รวมถึงรองศาสตราจารย์ ดร. พนิต เข็มทอง และ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สังข์อ่อง คณะกรรมการวิชาเอกทั้งสองท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ความคิดที่แปลกใหม่เพื่อการแก้ไขเพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รองศาสตราจารย์ ดร. บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์ ที่ทำให้ผู้วิจัยเข้าใจวัตถุช่วยคิด (object-to-think-with) และทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม นอกจากนี้ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวาพร เหมียดไธสง ที่ช่วยปรับปรุงข้อบกพร่องในการเขียนรายงานการวิจัย ให้กำลังใจและกระตุ้นเตือนตลอดเวลา

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการมีเดียแลป สถาบันเทคโนโลยีแมสซาซูเซส (Massachusette Institute of Technology (MIT) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด Professor Dr. Seymour Papert ผู้ให้กำเนิดทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ที่เปลี่ยนแปลงแนวคิดและวิธีคิดของผู้วิจัย ผู้เชี่ยวชาญและผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้สละเวลาตรวจ ให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ ในการสร้างเครื่องมือวิจัย อาจารย์ สราวุฒิ เชาวสกู นักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษา

ขอขอบคุณ ดร.อนุชัย รามวรังกูร ดร.เมธี ธรรมวัฒนา เพื่อนผู้ช่วยเหลือ เด็กหญิงภัทรา เหมียดไธสง และเด็กหญิงญาณิศา เหมียดไธสง บุตรทั้งสอง ที่เป็นกำลังใจอย่างดียิ่ง สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณ บิดาที่กล่าวก่อนเสียชีวิตให้ผู้วิจัยเรียนให้สูงที่สุดของการศึกษาเพราะท่านจบเพียงชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มารดาผู้ที่เลี้ยงดูบุตรชายคนนี้อย่างดี พ่อตา แม่ยาย ป้าใหญ่ ที่ดูแลครอบครัวของผู้วิจัยขณะศึกษาอยู่ที่กรุงเทพฯ บูรพคณาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เที่ยง เหมียดไธสง

มีนาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (5)

สารบัญภาพ (11)

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

คำนิยามศัพท์ 6

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 10

ความต้องการแรงงานของอุตสาหกรรม 10

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง 12

ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Piaget 12

ทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Vygotsky 14

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ตามแนวคิดของ Paper 15

ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ 24

การเรียนรู้โดยการทำโครงงาน 29

รูปแบบของการทำโครงงาน 31

เทคโนโลยีการเรียนรู้ 33

การพัฒนาการของแนวคิด Digital Manipulative และ Tangible Interface 33

เลโกโลโกบล็อก 34

อิเล็กทรอนิกส์บล็อก 35

โพลบล็อก 36

หลักการในการออกแบบการสร้าง Construction kit 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การเรียนรู้มโนทัศน์ 38
มโนทัศน์ตามแนวคิดของประเวศ วะสี 39
มโนทัศน์ตามแนวคิดของ Novak และ Gowin 40
มโนทัศน์ตามแนวคิดของ Papert 41
ทฤษฎีเกี่ยวกับการแก้ปัญหา 42
การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ 43
การแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก 45
การแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Papert 46
การเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงาน 46
การเรียนรู้ร่วมกัน 47
บรรยากาศและสภาพแวดล้อม 48
การสะท้อนในการกระทำ 49
การประเมินผลการเรียนรู้ 51
โครงสร้างของกระบวนการวัด 51
คุณลักษณะของงานที่กำหนดในกระบวนการประเมิน 52
มาตรฐานในการให้คะแนน 53
ความยุติธรรมและความเสมอภาค 53
การวัดมโนทัศน์ 55
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 56
งานวิจัยภายในประเทศ 56
งานวิจัยต่างประเทศ 59
สรุปการตรวจเอกสาร 62
ประเด็นแนวและคิดทฤษฎี 62
ประเด็นการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ 63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 64

ประชากรที่ศึกษา 65

การวิจัยระยะที่ 1 พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 66

การวิจัยระยะที่ 2 ศึกษาผลการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 74

การเก็บรวบรวมข้อมูล 74

การวิเคราะห์ข้อมูล 75

บทที่ 4 ผลการวิจัย 78

ผลการวิจัยระยะที่ 1 78

ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้จากการสังเคราะห์ทฤษฎี 79

ผลการพัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 89

ผลการวิจัยระยะที่ 2 92

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มประชากร 92

ผลการเรียนโดยโครงงานด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 93

ผลการเรียนโดยโครงงานด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 103

ผลการเรียนรู้ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 111

ด้านการสะท้อนความคิดเห็นจากการกระทำของนักศึกษาในการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 120

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 125

สรุปผลการวิจัย 125

ระยะที่ 1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 125

ระยะที่ 2 ผลการศึกษาผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 127

ข้อวิจารณ์ผลการวิจัย 129

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ระยะที่ 1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงาน
เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 129
ระยะที่ 2 ผลการศึกษาผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน 134
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 138
ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป 139

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 140

ภาคผนวก 150
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 151
ภาคผนวก ข แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และกรอบแนวคิด
ทฤษฎีสนับสนุนในการสร้างกิจกรรม 153
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาและใบกิจกรรมการเรียนรู้ 182
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 194
ภาคผนวก จ เครื่องมือวัดและประเมินผล 206
ภาคผนวก ฉ ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์
ของนักศึกษา 225
ภาคผนวก ช ภาพการสร้างโครงงาน 265

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 269

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	77
4.1	ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มประชากร	93
4.2	คะแนนความรู้ในเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	94
4.3	คะแนนการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	104
4.4	ระดับการประเมินกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน จากการใช้แบบประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics	112
4.5	ระดับการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน จากการใช้แบบประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics	113
4.6	ประเมินชิ้นงานโดยผู้วิจัย	114
4.7	ประเมินชิ้นงานโดยนักศึกษาประเมินตนเอง	115

ตารางผนวกที่

ข1	กรอบแนวคิด ทฤษฎีสนับสนุนในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้	164
ค1	วิเคราะห์วัตถุประสงค์ลอจิกเชิงจัดหมู่	185
ค2	วิเคราะห์วัตถุประสงค์ลอจิกเชิงจัดหมู่	186

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ1	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 1	226
ฉ2	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 2	227
ฉ3	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 3	228
ฉ4	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 4	229
ฉ5	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 5	230
ฉ6	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 6	231
ฉ7	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 7	232
ฉ8	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 8	233
ฉ9	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 9	234

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ10	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 10	235
ฉ11	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 11	236
ฉ12	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 12	237
ฉ13	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 13	238
ฉ14	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 14	239
ฉ15	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 15	240
ฉ16	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 16	241
ฉ17	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 17	242
ฉ18	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 18	243

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ19	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 19	244
ฉ20	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 20	245
ฉ21	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 21	246
ฉ22	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 22	247
ฉ23	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 23	248
ฉ24	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 24	249
ฉ25	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 25	250
ฉ26	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 26	251
ฉ27	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 27	252

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ28	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 28	253
ฉ29	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 29	254
ฉ30	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 30	255
ฉ31	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 31	256
ฉ32	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 32	257
ฉ33	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 33	258
ฉ34	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 34	259
ฉ35	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 35	260
ฉ36	ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 36	261

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ฉ37 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาทั้งหมดก่อนเรียน 262

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงแนวคิด Piaget, Papert และ Vygotsky	23
2.2	แสดงแนวคิดของ Lewin, Dewey และ Kolb	28
2.3	แสดงภาพรวมขั้นตอนการเรียนรู้โดยโครงงาน	32
2.4	แสดงแนวคิดทฤษฎีสู่กิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงาน เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน	63
3.1	กระบวนการวิจัย	65
3.2	แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สังเคราะห์จากทฤษฎี	69
4.1	แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สังเคราะห์ จากทฤษฎี	83
4.2	แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการปรับ กิจกรรมครั้งที่ 1	86
4.3	แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการปรับ กิจกรรมครั้งที่ 2	88
4.4	แสดงเส้นทางการสร้างมโนทัศน์	95
4.5	แสดงหุ่นยนต์พลิกคว่ำจากอินเทอร์เนตและหุ่นยนต์ที่นักศึกษาเล่น	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	แสดงการทดสอบแนวคิดการรักษาสมดุลเบื้องต้น	97
4.7	แสดงวงจรที่เชื่อมโยงกับสภาวะการทำงานของหุ่นยนต์	98
4.8	แสดงภาพวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมความสมดุลของหุ่นยนต์	99
4.9	แสดงชิ้นงานการรักษาความสมดุลของหุ่นยนต์	100
4.10	แสดงวงจรลืมปิดไฟหน้ารถยนต์	102
4.11	แสดงภาพวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ในการลืมปิดเปิดไฟหน้ารถ	102
4.12	แสดงชิ้นงานลืมปิดไฟหน้ารถ	103
4.13	ปัญหาเกิดเมื่อนักศึกษาสร้างโครงงาน	107
4.14	การเรียนรู้โดยโครงงานด้านการเรียนรู้ร่วมกัน	116
4.15	การสะท้อนความคิดจากการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน	121

ภาพผนวกที่

ค1	โครงสร้างเนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชา	184
ค2	วงจรเข้ารหัส	187

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค3	วงจรถอดรหัส	187
ค4	วงจรมัลติเพรกซ์	188
ค5	วงจรดีมีลติเพรกซ์	189
ค6	วงจรฟลิบฟลอบออร์เกต	190
ค7	วงจรฟลิบฟลอบแอนเกต	191
ค8	วงจรนับ	192
ค9	วงจรเปรียบเทียบ	193
ง1	แสดงขาสัญญาณบล็อก B1	198
ง2	แสดงขาสัญญาณบล็อก B2	199
ง3	แสดงขาสัญญาณบล็อก B3	200
ง4	แสดงขาสัญญาณบล็อก B4	201
ง5	แสดงขาสัญญาณบล็อก B5	202
ง6	แสดงขาสัญญาณบล็อก B6	203

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง7	แสดงขาสัญญาณบล็อก B7	204
ง8	แสดงขาสัญญาณบล็อก B8	205
จ1	วงจรรหัสตู้เซฟ 1	210
จ2	วงจรรหัสตู้เซฟ 2	210
ช1	แสดงนักศึกษาสร้างโครงงานตามจิตนาการ	266
ช2	แสดงผลงานที่จัดแสดงในห้องเรียน	266
ช3	แสดงโครงงานเครื่องสไลด์กล้วย	267
ช4	แสดงโครงงานระบบควบคุมนิวเมติกส์	267
ช5	แสดงโครงงานระบบนับจำนวนสิ้นค้า	268
ช6	แสดงโครงงานเกมส์จุดไม้ขีดไฟ	268

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงของโลกในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วและรุนแรง มีความรู้และทักษะใหม่ๆ เกิดขึ้นตลอดเวลา จำเป็นที่จะต้องเร่งระดมทรัพยากรต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งทรัพยากรที่สำคัญที่สุดคือ ทรัพยากรมนุษย์ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นหน้าที่หลักของสถานศึกษาในระดับต่างๆ ที่จะต้องพัฒนาบุคลากรเพื่อตอบสนองกับความต้องการและในการผลิตกำลังคนเพื่อตอบสนองในสาขานั้นๆ โดยเฉพาะกำลังคนในด้านอุตสาหกรรม สถานศึกษาจะต้องให้ความสนใจต่อการเรียนการสอนในสาขาวิชาชีพต่างๆ อย่างจริงจัง และจะต้องพยายามพัฒนาวิธีการเรียนการสอนให้มีคุณภาพและดีขึ้นเรื่อยๆ แต่เนื่องจากตลาดแรงงานมีความต้องการบุคลากรที่มีความสามารถมากขึ้นเรื่อยๆ ตามการเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบัน จึงเป็นเรื่องใหญ่สำหรับสถานศึกษาที่จะต้องพัฒนาการเรียนการสอนให้ทันกับความต้องการของตลาด แรงงาน โดยปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนให้ทันสมัยและทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะการทำงานในปัจจุบัน พบว่าผู้คนจำนวนมากทำงานที่ไม่ได้สัมผัสงานนั้นมาตั้งแต่เกิด ทุกคนจะเรียนรู้ทักษะที่สามารถใช้กับงานผ่านชีวิตประจำวัน ซึ่งสิ่งสำคัญมากที่สุดในปัจจุบันคือ รูปแบบ (pattern) ของแต่ละบุคคลที่มีความพร้อมสำหรับความสามารถที่จะเรียนรู้ทักษะใหม่ การเข้าถึงมโนทัศน์ใหม่และสถานการณ์ใหม่ๆ ที่ไม่ได้คาดฝัน สิ่งสำคัญในปัจจุบันที่ทุกคนจะต้องมีคือจะต้องมีความสามารถในการเรียนรู้ (Papert, 1993)

ในปี พ.ศ. 2523 ทุกคนกล่าวถึงเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมอุตสาหกรรม (industrial society)ไปสู่ยุคสังคมข้อมูลข่าวสาร (information society) ทุกภาคส่วนได้รับผลกระทบ ข้อมูลข่าวสารมีคุณค่าและราคามากที่สุด จนกระทั่งปี พ.ศ. 2533 ทุกคนเริ่มพูดและตระหนักถึงยุคสังคมแห่งความรู้ (knowledge society) ข้อมูลข่าวสารด้วยตัวข้อมูลข่าวสารเองไม่ได้นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลง แต่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงข้อมูลข่าวสารเหล่านั้นไปเป็นความรู้ได้อย่างไร และจะจัดการกับความรู้เหล่านั้นได้อย่างไร การเคลื่อนผ่านจากสังคมข้อมูลข่าวสารสู่สังคมแห่งความรู้ได้แสดงให้เห็นความชัดเจนในการพัฒนาสังคมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งปัจจุบันมีการกล่าวถึงการเกิดขึ้นของยุคสังคมแห่งการสร้างสรรค์ (creative society) เป็นยุคที่ทุกคนต้องตระหนักถึง

ไม่ใช่เพียงแต่รู้สิ่งต่างๆ อย่างไร แต่จะต้องมีความสามารถในการคิดและทำการสร้างสรรค์สิ่งเหล่านั้น ความต้องการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ ความต้องการความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนาความเป็นอยู่ และพัฒนา เครื่องมือที่จะช่วยให้เกิดการพัฒนา สิ่งสำคัญเหล่านี้สถาบันการศึกษามีส่วนสำคัญในการเตรียมคนต่อการพัฒนา สถาบันการศึกษาจะต้องช่วยให้ผู้เรียนในการขยายความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งยุคแห่งการสร้างสรรค์นี้เป้าหมายคือ แต่ละคนจะต้องมีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลิตสิ่งใหม่ๆ สำหรับตนเองและชุมชนตนเอง (Resnick, 2002) ซึ่งจะเห็นว่าในยุคของสังคมแห่งการสร้างสรรค์ การใช้และการผลิตเทคโนโลยีมีส่วนสำคัญในการพัฒนาด้านต่างๆ

บิลเกต (Bill Gates) ผู้ก่อตั้งบริษัทไมโครซอฟต์ ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีในยุคดิจิตอล มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยได้ตั้งคำถามว่า เทคโนโลยีจะช่วยให้คุณดำเนินธุรกิจให้ดีกว่าในปัจจุบันได้อย่างไร? เทคโนโลยีจะทำให้ธุรกิจของคุณเปลี่ยนแปลงอย่างไร? และเทคโนโลยีจะทำให้คุณชนะในอีก 5 ปี หรือ 10 ปีได้อย่างไร? ถ้าในปี พ.ศ. 2523 มีการกล่าวถึงคุณภาพ (quality) ปี พ.ศ. 2533 กล่าวถึง การรีเอนจิเนียร์ริง (reengineering) และในปัจจุบันมีการกล่าวถึง ความเร็ว (velocity) บิลเกตได้เสนอแนะในยุคของความเร็ว การเคลื่อนที่ของข้อมูลข่าวสารจะต้องเร็ว ความรู้สามารถจับต้องได้(Gates, 2000) โดยบิลเกตได้เสนอแนวทางในการใช้เทคโนโลยีในยุคดิจิตอลคือ ทางด่วนข้อมูล และโครงข่ายระบบประสาทข้อมูล (Gates, 2001) จากแนวคิดของบิลเกตชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบันจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีและจำต้องมีแนวคิดในการสร้างสรรค์เทคโนโลยีด้วย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Negropnte (1995) ที่เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีของโลกปัจจุบันทำให้ อะตอม (atoms) กลายเป็นบิต (bits)

Papert ได้ชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนรู้และการศึกษา จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีใหม่ แทนที่จะนำแต่แนวคิดใหม่ไปใช้กับระบบการศึกษาที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ก็เนื่องมาจากว่าเรากำลังเตรียมเด็กสำหรับโลกยุคใหม่ที่เป็นโลกดิจิตอล (digital world) นั่นเอง (สุชิน เพ็ชรักษ์, 2544) ซึ่งการใช้เทคโนโลยีจะต้องมีความสามารถระดับเชี่ยวชาญเทคโนโลยี (technological fluency) โดย Papert อธิบายว่า คำว่า เชี่ยวชาญ (fluent) เป็นคำที่มีความหมายเฉพาะมากในแง่ของความรู้ที่เด็กจะต้องมีเกี่ยวกับเทคโนโลยี ความเชี่ยวชาญนี้ไม่ได้มาจากการอ่านจากหนังสือหรือฟังมาแต่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีจนกระทั่งเกิดความคุ้นเคยในสถานการณ์ที่แตกต่าง คล้ายกับการได้รับความเชี่ยวชาญภาษาฝรั่งเศสจะมาจากการใช้ภาษาฝรั่งเศสในประเทศฝรั่งเศส (Papert, 1996) ดังนั้น

การเรียนการสอนในสภาวการณ์ปัจจุบันที่จะทำให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีจนเกิดความเชี่ยวชาญจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ผู้เรียนมีโอกาสใช้เทคโนโลยีด้วย ตัวผู้เรียนเอง เพื่อที่จะสามารถคิดและสร้างสรรค์เทคโนโลยีใหม่ๆ ด้วยตนเอง

การเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วข้างต้น การแข่งขันของโลกไร้พรมแดน และการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้นายจ้างและลูกจ้างต้องมีการปรับตัวโดยเฉพาะนายจ้างหรือผู้ประกอบการมีปัญหาในเรื่องกำลังคน ซึ่งผู้ประกอบการต้องการกำลังคนที่มีความสามารถทางด้านการคิด (thinking) การแก้ปัญหา (problem solving) การทำงานร่วมกัน (collaboration) และ เทคนิคระดับสูง (high-level technical) มีการปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ดี ส่วนลูกจ้างพบว่า ทักษะเดิมๆ และเทคโนโลยีเก่าไม่สามารถใช้กับงานในปัจจุบัน(Rowden, 1996; Inman and Vernon, 1997; Payne, 1997 cited Spence, 1999) ดังนั้นการเตรียมกำลังคนที่จะเข้าสู่งาน ในทศวรรษต่อไปสิ่งที่ต้องการสำหรับการจัดการศึกษาด้านอาชีพอุตสาหกรรมจะต้องมีการเตรียมความสามารถสำหรับกำลังคนคือ ทักษะการคิด ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานร่วมกันและเทคนิคระดับสูง (Doolittele and Camp, 1999)

จากการเปลี่ยนแปลงข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าสถานศึกษาที่ผลิตกำลังคนจะต้องรับมือในด้านต่างๆ กับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น การปรับเปลี่ยนการพัฒนากำลังคนให้เหมาะสมและเข้ากับสถานการณ์ในปัจจุบันจะต้องดำเนินการพัฒนากำลังคนอย่างไร ผู้วิจัยมีความเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนากำลังคนมีหลายปัจจัย แต่ปัจจัยที่สำคัญคือ การปรับปรุงการเรียนการสอนโดยเน้นการเรียนการสอนที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะด้านต่างๆ คือ ทักษะทางด้านการคิด การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน รู้จักใช้และพัฒนาเทคโนโลยี และมีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รุ้งรังษี วิบูลชัย (2545) ที่ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาตัวบ่งชี้รวมของคุณภาพการสอนในระดับอุดมศึกษา พบว่า ผู้เรียนนั้นจะต้องมีความสามารถในการแสวงหาข้อมูลและความรู้ใหม่ ผู้เรียนต้องมีทักษะในการแก้ปัญหา การจัดการและทักษะการคิดวิเคราะห์

การสะท้อนให้เห็นปัญหาข้างต้นมีความสอดคล้องกับปัญหาของ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปัจจุบัน พบว่า นักศึกษามีปัญหาด้าน ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดเชิงเหตุผล การแก้ปัญหา และสถานการณ์บางแห่งไม่รับสมัครผู้ที่จบจากมหาวิทยาลัยราชภัฏ (สำนักวิจัยและบริการวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติถึงการไม่ยอมรับ

บัณฑิตที่จบมหาวิทยาลัยราชภัฏ เข้าทำงานในสถานประกอบการ (บุญธง วสุริย์, 2547 อ้างถึง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543) เมื่อพิจารณาเป็นรายสาขาวิชาพบว่า สาขาวิชาชีพเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นักศึกษาที่จบการศึกษามี ความรู้และความสามารถไม่พอกับงานที่ทำ ขาดทักษะการคิด ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะทำงานร่วมกับผู้อื่น (สำนักวิจัยและบริการวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 2548)

ซึ่งสอดคล้องกับ การจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องการศึกษาความต้องการกำลังคนของกลุ่มอุตสาหกรรมการสื่อสาร ของสำนักงานนโยบายและแผนการศึกษา สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (สกศ) ได้แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาศักยภาพของบุคลากรในอาชีพอุตสาหกรรมการสื่อสาร มีการพัฒนาที่ไม่ตรงกับความต้องการและผู้ที่จบการศึกษาไม่สามารถที่จะทำงานได้ ซึ่งการประชุมครั้งนี้ได้ข้อสรุปว่า นักศึกษาที่สำเร็จการศึกษามีความรู้ความสามารถยังไม่เพียงพอที่จะทำงานได้ นักศึกษาที่จบมาใหม่ต้องฝึกอบรมพื้นฐานทางด้านทักษะต่างๆ อย่างน้อย 4-6 เดือน ใช้เงินไปไม่ต่ำกว่า 5-6 หมื่นบาทต่อคน โดยเฉพาะในสายช่างอุตสาหกรรมผู้ที่จบมาจะต้องฝึกอบรมเพิ่มจึงจะได้ช่างเทคนิคที่ทำงานได้ รวมถึงวิศวกรที่จบใหม่ๆ ก็มีลักษณะคล้ายกัน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2548)

อีกทั้งแรงงานที่สำเร็จการศึกษาในระดับอาชีวศึกษาก็มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ ความพึงพอใจของหัวหน้างานต่อผู้สำเร็จอาชีวศึกษาระดับต่างๆ พบว่าแรงงานที่ได้จากผู้สำเร็จการศึกษามีปัญหาในด้านบุคลิกภาพและเจตคติอยู่มาก ส่วนด้านคุณภาพในด้านความสามารถทางวิชาการและทักษะทางด้านอาชีพ พบว่ายังมีปัญหาด้านความคิดสร้างสรรค์ การเรียนรู้งาน การประยุกต์ความรู้ใหม่กับงาน การจัดระบบงาน และการใช้เครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการผลิตกำลังคนระดับอาชีวศึกษาโดยรวมมีปัญหาด้านคุณภาพมากกว่าปริมาณ (บุญธง วสุริย์, 2547)

จากปัญหาดังกล่าว คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความสามารถกับนักศึกษา ซึ่งวิธีการเรียนการสอนที่ให้โอกาสผู้เรียนในการคิด การแก้ปัญหา ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้คือ การเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักชันนิซึม ซึ่งการเรียนรู้รูปแบบนี้ครูจะเป็นผู้เตรียมวัสดุ อุปกรณ์และแนะแนวทาง (guide)ให้กับผู้เรียน โดยผู้เรียนจะมีโอกาสในการเรียนรู้ การสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ และการทำงานร่วมกัน (Papert, 1993) ผู้เรียนมีโอกาสในการสร้าง ประดิษฐ์ และทดลองด้วยตนเอง (Resnick,

1992) ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนการสอนทั้งของครูและนักเรียน กล่าวคือ ลดบทบาทของครูผู้สอนจากเป็นผู้บอกเล่า บรรยายและสาธิต เป็นการวางแผนจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้กิจกรรมต่างๆ โดยจะต้องเน้นที่บทบาทของนักเรียนตั้งแต่เริ่มต้นคือร่วมวางแผนการเรียน การวัดผลประเมินผล และต้องคำนึงว่ากิจกรรมการเรียนนั้นเน้นการพัฒนากระบวนการคิด การวางแผนลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหา การมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (กรมวิชาการ, 2545) และสอดคล้องกับแนวคิดของ Gardner ที่เสนอว่า เด็กแต่ละคนมีความแตกต่างกัน จำเป็นต้องสอนด้วยวิธีที่แตกต่างกัน การศึกษาแบบ ผลผลิตจำนวนมาก (mass-produced) จะไม่สามารถทำให้เด็กเข้าสู่โลกที่มีความหลากหลายในปัจจุบันได้ โดย Gardner ได้เสนอให้โรงเรียนสอนเด็กให้ฝึกงานจริง ทำโครงงาน และ ให้เกิดความเชี่ยวชาญเทคโนโลยี (Gates, 1995) อีกทั้งแนวคิดของ Resnick (2005) ที่กล่าวว่าการสอนความรู้โดยตรงเป็นวิธีที่ไม่ค่อยจะมีประสิทธิภาพ วิธีที่มีประสิทธิภาพคือการให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และแนวคิดของ Wyeth and Wyeth (2003) ที่กล่าวว่าวิธีการเรียนรู้ที่ดีที่สุดคือการออกแบบและสร้างสรรค์สิ่งนั้น อีกทั้งแนวคิดของ Feynman ที่กล่าวว่าอะไรที่ฉันไม่สามารถสร้างสรรค์ได้ ฉันจะไม่เข้าใจสิ่งนั้น (Gleick, 1992)

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวคิดการเรียนรู้ในรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดและมุมมองของทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ที่เสนอมุมมองต่อการเรียนรู้โดยผู้เรียนลงมือสร้าง มีการแลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ (share) และใช้วัตถุช่วยคิด (object-to-think-with) ในการสร้างความรู้และสร้างสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ การสร้างสิ่งประดิษฐ์เหล่านั้นภายนอกจะมีผลต่อการสร้างความรู้ภายในสมองของคนเรา (Shaw,1995) การมองเห็นปัจจัยที่สำคัญในวัฒนธรรมคือวัตถุ (materials) ที่จะทำให้เกิดมโนทัศน์ (concept) ง่ายๆ ต่อการเรียนรู้และมุมมองใหม่ต่อการเรียนรู้ที่แตกต่างจากเดิม (Papert, 1980) อีกทั้งการปรับตัวเข้ากับสภาวะการที่โลกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ซึ่งจะพบว่ามีการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ในระดับโมเลกุล (Meyer and Stan, 2003)

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีนี้ ผู้วิจัยเชื่อว่าจะสามารถพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ให้มีความรู้และความสามารถในการปฏิบัติงานที่เพียงพอกับงานที่ทำ มีทักษะการคิด การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก สำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

2. ศึกษาผลการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก สำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ด้านต่างๆ คือ

2.1 ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

2.2 ด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

2.3 ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

2.4 ด้านการสะท้อนความคิดจากการกระทำของนักศึกษาในการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นและแนวทางการสร้างวัตถุช่วยคิดนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนและนักเทคโนโลยีทางการศึกษาในการปรับเปลี่ยนวิธีคิดและแนวทางการจัดการเรียนการสอน การผลิตสื่อการเรียนรู้จากสื่อที่ถ่ายทอดความรู้เป็นสื่อที่ใช้สร้างความรู้

คำนิยามศัพท์

ผลการเรียนรู้ หมายถึง ผลที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานใน 4 ด้านคือ มโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ การแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอล

อิเล็กทรอนิกส์ การเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการสะท้อนความคิดจากการกระทำ

การทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง การสร้างผลผลิตที่เป็นชิ้นงานจากกระบวนการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม

การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม หมายถึง การเรียนรู้โดยการลงมือสร้างชิ้นงาน โดยมีวัตถุช่วยคิด ช่วยในการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ที่มีความหมายต่อผู้สร้างเองและผู้อื่นรอบๆ ต่อผู้สร้าง อีกทั้งจะต้องแลกเปลี่ยนความรู้ที่เกิดขึ้นจากการสร้างนั้นกับคนอื่นๆ

ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก หมายถึง วัตถุช่วยคิดในการสร้างโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

กิจกรรมการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ หมายถึง สภาพการจัดกิจกรรมที่นำปรัชญา ทฤษฎี และแนวคิดเกี่ยวกับ การสร้างความรู้ด้วยตนเองมาสังเคราะห์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมี 5 ขั้น คือ 1) แนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงาน 2) นักศึกษาคิดหัวข้อที่จะสร้างโครงงานโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม 3) นักศึกษาสร้าง ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 4) นักศึกษามีการแลกเปลี่ยน(share)ความรู้ซึ่งกันและกันและประเมินโครงงาน 5) นักศึกษาสะท้อนความคิด(reflect) จากการสร้างโครงงาน

มโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ความรู้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ในรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 ประเมินโดยแบบวัดมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ และความคิดเกี่ยวกับเส้นทางการสร้างโครงงานที่นักศึกษาบรรยายในอนุทิน แบบรายงานโครงงานและการสัมภาษณ์

แบบทดสอบมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 1 ชุด เป็นแบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 60 ข้อ

การแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การที่นักศึกษาสามารถวิเคราะห์ปัญหา สาเหตุของปัญหา สามารถสังเคราะห์โดยเสนอแนวทางการแก้ปัญหาตามสภาพปัญหาที่พบ สามารถประเมินโดยเลือกแนวทาง วิธีการปฏิบัติในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมมีประสิทธิภาพ ประเมินโดยแบบวัดการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ และวิธีการแก้ปัญหาที่นักศึกษาบรรยายในอนุทิน แบบรายงานโครงงาน และการสัมภาษณ์

แบบทดสอบการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 1 ชุด เป็นแบบทดสอบแบบเขียนตอบโดยนักศึกษาแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และประเมินโดยเกณฑ์ Scoring Rubrics การแก้ปัญหา

การเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง การเรียนรู้ที่นักศึกษาค้นคว้า แลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน มีส่วนร่วมในการอภิปราย ร่วมกันแก้ปัญหา ร่วมมือกันทำงาน ปฏิบัติงานร่วมกันและร่วมกันผลิตชิ้นงาน ประเมินโดยเกณฑ์ Scoring Rubrics ด้านการเรียนรู้ร่วมกัน ด้านความสามารถในการปฏิบัติการ และด้านชิ้นงานและลักษณะการเรียนรู้ร่วมกันที่นักศึกษาบรรยายในอนุทิน

ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึงวงจรเชิงจัดหมู่ วงจรเชิงลำดับ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

การสะท้อนความคิดจากการกระทำ หมายถึง กระบวนการคิดและเกิดความหมายความรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน (process project) ที่นักศึกษาบรรยายในอนุทิน รายงานโครงงาน และการสัมภาษณ์

อนุทิน หมายถึง การบันทึกของนักศึกษาเพื่อสะท้อนความคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยบันทึกว่ามีอะไรเกิดขึ้นในขณะการเรียนรู้ นักศึกษามี ความคิดเห็น มีปัญหา และมีการแก้ปัญหาอย่างไร ข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะอะไร อาจารย์จะอ่านอนุทินของนักศึกษาทุกครั้งและแสดงความคิดเห็นสะท้อนกลับให้นักเรียนทราบทุกครั้ง

รายงานการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หมายถึง การเขียนรายงานเมื่อนักศึกษาทำโครงงานสำเร็จแล้วโดยบันทึกแนวคิดในการสร้าง ระหว่างการสร้างและความสำเร็จ

การให้คะแนนแบบ Scoring Rubrics หมายถึง การพิจารณาสิ่งที่จะให้คะแนนอย่างละเอียดและครอบคลุมหลายๆ ด้าน มีการระบุเกณฑ์ของงาน และคุณภาพของงาน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เรียบเรียงเอกสารและงานวิจัยตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. ความต้องการแรงงานของอุตสาหกรรม
2. ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง
3. ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์
4. การเรียนรู้โดยโครงงาน
5. เทคโนโลยีการเรียนรู้
6. มโนทัศน์การเรียนรู้
7. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการแก้ปัญหา
8. การเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงาน
9. การสะท้อนความคิดจากการกระทำ
10. การประเมินผลการเรียนรู้
11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความต้องการแรงงานของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศแต่สิ่งหนึ่งที่อุตสาหกรรมต้องการคือกำลังคนที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพในการทำงาน สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ปัจจุบัน สถานศึกษาผู้มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงต่อการพัฒนากำลังคนจะต้องมีความเข้าใจต่องานของอุตสาหกรรมและธรรมชาติของอุตสาหกรรม จึงจะสามารถผลิตกำลังคนให้ตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมได้ โดยในโลกของอุตสาหกรรมนั้น การประกอบการจำเป็นต้องใช้บุคคลากรหลายระดับในการร่วมมือประสานกันในการผลิตสิ้นค้าหรือบริการ

กำลังคนที่ใช้ในการพัฒนาประเทศและเศรษฐกิจโดยรวมนั้น จะมีอยู่หลายระดับโดยสามารถแบ่งอย่างกว้างๆ ตามมุมมองมาตรฐานการจัดกำลังคนอยู่ 3 ระดับดังนี้

1. กำลังคนระดับสูง (higher-level manpower) ได้แก่ ผู้ที่ได้รับการศึกษาจนจบมหาวิทยาลัย หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระดับนักวิชาชีพ (professional level) ส่วนใหญ่จะเป็นผู้ที่ได้รับการศึกษาสามัญครบ 12 ปี แล้วเรียนต่อในมหาวิทยาลัย 4-6 ปี กำลังคนระดับนี้จะทำงานใช้สมองเป็นส่วนใหญ่อันได้แก่ งานวิเคราะห์วิจัย งานตามวิชาชีพที่ซับซ้อนและใช้ความรู้ขั้นสูง งานทางด้านการบริหาร เช่นการวางแผนการจัดการกำลังคนระดับสูงในสายของเทคนิคศึกษา ได้แก่ นักวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ประยุกต์ นักเทคโนโลยี เช่น นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร วิศวกรปฏิบัติ และ นักเทคโนโลยีแขนงต่างๆ

2. กำลังคนระดับกลาง (middle-level manpower) เป็นกำลังคนที่ถือว่ามีระดับความสามารถรองลงมาจากกำลังคนระดับสูง ทำงานในลักษณะของผู้ช่วย หรือมือรองของนักวิชาชีพ มีความรู้ทางทฤษฎีและสาขาวิชาชีพน้อยกว่านักวิชาชีพ แต่มีความสามารถในทางปฏิบัติภายใต้การควบคุมดูแลของนักวิชาชีพได้เป็นอย่างดี และในกรณีที่มีงานซึ่งต้องใช้แรงงานขั้นต่ำร่วมด้วย กำลังคนระดับกลางที่จบเทคนิคศึกษาทางด้านอุตสาหกรรมนิยมเรียกว่าช่างเทคนิคหรือเทคนิคเชียน (technician) แต่ทางสาขาบริการไม่มีชื่อเรียกเป็นการเฉพาะ แต่เป็นที่เข้าใจกันว่าเป็นผู้บริหารระดับกลางหรือบางทีเรียกว่าพนักงานกึ่งวิชาชีพ

3. กำลังคนระดับต่ำ (lower-level manpower) เป็นกำลังคนที่มีความสามารถในเชิงปฏิบัติการด้วยมือเป็นหลัก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือใช้กำลังกายเป็นองค์ประกอบสำคัญ ปกติจะมีความรู้ทางวิชาสามัญถึงเกณฑ์บางคับเป็นอย่างต่ำซึ่งโดยทั่วไปได้แก่ผู้ที่จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลายแต่สมัครใจที่จะได้รับการฝึกฝนทางด้านฝีมือและพอใจประกอบวิชาชีพช่างฝีมือ ความรู้ทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพมีบ้างเพียงเล็กน้อยเพียงเพื่อประโยชน์ในการประกอบงานที่ต้องใช้มือเท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับคนระดับกลางแล้ว กำลังคนระดับต่ำมีฝีมือมากกว่าแต่มีความรู้ทางทฤษฎีน้อยกว่า (วีระพันธ์ สิทธิพงศ์, 2540)

สรุป ในการพัฒนากำลังเพื่อตอบสนองอุตสาหกรรม ผู้จัดการศึกษาจะต้องเข้าใจโลกของงานอุตสาหกรรมมีการแบ่งกำลังคนกว้างๆ ออกเป็น 3 ระดับ คือ 1) กำลังคนระดับสูง 2) กำลังคนระดับกลาง และ 3) กำลังคนระดับต่ำ

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Piaget

Piaget ไม่ได้กล่าวชัดเจนว่าทฤษฎีของเขาเป็น คอนสตรักติวิซึม แต่นักการศึกษา นักทฤษฎีความรู้และนักจิตวิทยาให้ชื่อแนวคิดนี้ว่า คอนสตรักติวิซึม Piaget ให้ความสนใจว่าความรู้เกิดขึ้นได้อย่างไร และความรู้นี้มีการพัฒนาอย่างไร โดยกล่าวถึงธรรมชาติของมนุษย์ว่าโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์มีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิดอยู่ 2 ลักษณะคือ การจัดระบบโครงสร้างความรู้ (organization) และการปรับขยายโครงสร้างความรู้ (adaptation)

1. การจัดระบบโครงสร้างความรู้ เป็นการจัดภายในโดยวิธีรวมกระบวนการต่างๆ เข้าเป็นระบบอย่างติดต่อกันเป็นเรื่องเป็นราว

2. การปรับขยายโครงสร้างความรู้ เป็นการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นแนวโน้มที่มีมาตั้งแต่เกิด การที่คนเรามีการปรับตัว เนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมซึ่งการปรับตัวนี้ประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางสติปัญญาเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมใหม่

2.1 กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ (assimilation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคล มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม เมื่อบุคคลรับรู้สิ่งเร้าเข้าไปในสมอง การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นมีการจัดกระทำ (ทางสมอง) ในการนำสิ่งเหล่านั้นไปเชื่อมโยงกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างทางสติปัญญาของตนเอง (schema) ซึ่งบุคคลได้สั่งสมมาตั้งแต่เกิดกระบวนการที่โครงสร้างทางสติปัญญาเดิมซึมซับสิ่งเร้าเข้าไป หรือกระบวนการความรู้ใหม่กับความรู้เดิมเชื่อมโยงกันได้อย่างลงตัวและมีความหมายกับบุคคลนั้น จะทำให้บุคคลนั้นอยู่ในสภาพสมดุล (equilibrium) มีความเข้าใจในประสบการณ์หรือความรู้นั้น สามารถอธิบายได้และแสดงออกได้ตามความสามารถของตน เนื่องจากตนเป็นผู้คิด ผู้สร้างความหมายของสิ่งนั้นด้วยตนเอง

2.2 กระบวนการปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา (accommodation) เป็นการกระบวนการที่เกิดขึ้น เมื่อบุคคลรับสิ่งเร้าเข้าไปและพยายามจะดูดซึมเชื่อมโยงสิ่งเร้าใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่ตนมีอยู่เดิมในโครงสร้างทางสติปัญญาของตน แต่ไม่สามารถดูดซับรับเข้าไปเชื่อมโยงอย่างมีความหมายได้ ก็จะเกิดสภาวะที่เรียกว่า “สภาวะไม่สมดุล” เกิดขึ้นเมื่อบุคคลเกิดสภาวะไม่สมดุลขึ้น คือเกิดความงุนงง สงสัย สับสน บุคคลก็จะพยายามปรับสภาพนั้นโดยใช้กระบวนการทางสติปัญญาของตนในการคิดค้นหาวิธีที่จะสร้างความหมายของสิ่งเร้าใหม่นั้นกับสิ่งเดิมที่มีอยู่ ซึ่งในหลายๆ กรณี อาจใช้กระบวนการทางสังคมเข้ามาช่วย จนในที่สุดสามารถสร้างความหมายของสิ่งเหล่านั้นกับสิ่งเดิมได้ ความหมายที่สร้างขึ้นจึงเป็นผลการเรียนรู้ของกระบวนการเรียนรู้อันเป็นกระบวนการสร้างความหมายของข้อมูลสิ่งเร้าและประสบการณ์ต่างๆ ของตน ซึ่งบุคคลแต่ละคนอาจสร้างออกมาไม่เหมือนกันและส่งผลให้บุคคลปรับโครงสร้างทางสติปัญญาของตน (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2545)

Piaget ได้รับการยอมรับว่าเป็นผู้ให้กำเนิดแนวคิดในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งในสายตาของ Piaget มองเด็กเป็นผู้สร้างและดูเหมือนว่าเด็กจะมีพรสวรรค์มาตั้งแต่กำเนิดในฐานะที่เป็นผู้เรียนที่ดี ก่อนที่จะเข้าโรงเรียน ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้เรียกว่า Piagetian Learning หรือเป็นการเรียนรู้โดยปราศจากการสอน หลายคนอาจจะมีคำถามว่าการเรียนรู้ที่เกิดเองตามธรรมชาติเกิดขึ้นเองได้อย่างไร ขณะที่การเรียนรู้บางอย่างเกิดขึ้นได้เร็ว บางอย่างเกิดขึ้นได้ช้า หรือแม้กระทั้งไม่เกิดขึ้นเลย Piaget อธิบายว่า สาเหตุเกิดจากความซับซ้อนของสิ่งที่จะเรียนรู้ และการเรียนรู้ที่เป็นรูปแบบ(formality) ซึ่งที่จุดนี้ทำให้นักการศึกษาและนักจิตวิทยา ทางการศึกษานำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยโดยเฉพาะ Papert ซึ่งได้มองเห็นปัจจัยที่เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ ได้เร็วคือ วัตถุ (materials) ที่จะทำมโนทัศน์ง่ายๆ และเป็นรูปธรรม (Papert, 1980)

สรุปแนวคิดของ Piaget ให้ความสนใจกับการเกิดขึ้นของความรู้โดยได้ค้นพบว่าความรู้เกิดขึ้นได้จากการที่มนุษย์มีสัญชาตญาณแห่งความอยู่รอดติดตัวมาอยู่ 2 ลักษณะคือ การจัดระบบโครงสร้างความรู้) และการปรับขยายโครงสร้างความรู้ นอกจากนั้น Piaget ยังได้อธิบายการเกิดขึ้นของความรู้ด้วยตนเองจากการปรับขยายโครงสร้างความรู้ ในสองลักษณะคือ กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ และกระบวนการปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา Piaget เชื่อในการเรียนรู้โดยปราศจากการสอนและมองเด็กๆ คือนักสร้างและมีพรสวรรค์มาตั้งแต่เกิด

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดของ Vygotsky

Vygotsky เป็นผู้บุกเบิก สังคมวัฒนธรรม (sociocultural) ในการเข้าใจกระบวนการพัฒนาการรู้คิดในเด็ก ในงานวิจัยของ Vygotsky ค้นพบความเป็นพลวัตรสำหรับกิจกรรมเกี่ยวกับจิตใจของแต่ละบุคคล Vygotsky พบว่าสังคมและวัฒนธรรม ปฏิสัมพันธ์กันอย่างไรทำให้เกิดแหล่งกำเนิดของการรู้คิด ในความเป็นจริงมีความเชื่อว่าความต้องการของคนเรา ต้องการตอบสนองและสื่อสารกันในบริบทของสังคมวัฒนธรรมที่ทำให้การรู้คิดของมนุษย์พัฒนาเป็นสติปัญญา และสิ่งนี้ทำให้มนุษย์แตกต่างจากการรู้คิดของสัตว์ สัญลักษณ์และคำต่างๆ เป็นสิ่งแรกสำหรับเด็กและที่สำคัญ ความหมายของสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวเชื่อมในสังคมที่เด็กจะต้องติดต่อกับคนอื่นๆ การรู้คิดและการสื่อสาร กลายเป็นพื้นฐานใหม่และเหนือกว่ารูปแบบกิจกรรมในตัวเด็กซึ่งสิ่งนี้ทำให้เขาเหล่านั้นแตกต่างจากสัตว์ ลักษณะที่โดดเด่นของผลกระทบสำหรับการปฏิสัมพันธ์กันทางสังคมคือการพัฒนาการรู้คิด Vygotsky แสดงให้เห็นว่าบทบาทกิจกรรมภายนอกมีผลต่อจิตใจภายในสำหรับการสร้างความเข้าใจ ซึ่งส่งผลสะท้อนระหว่างจิตใจภายในและกิจกรรมภายนอก Papert ได้นำหลักการนี้มาใช้และถือเป็นหัวใจของกระบวนทัศน์ คอนสตรักชันนิซึม แม้ว่าผลสะท้อนระหว่างกันของความเป็นพลวัตรระหว่างภายในและภายนอกเป็นวงจรที่ต่อเนื่องจนกลายเป็นวงจรการเรียนรู้ Vygotsky ให้มุมมองที่ชัดเจนเพิ่มเติมถึงองค์ประกอบภายนอก (การแลกเปลี่ยน และประสบการณ์จากการสื่อสาร) เป็นกุญแจสำคัญเบื้องต้นในหลายๆ องค์ประกอบ ในการเริ่มต้นขององค์ประกอบภายในผ่านกระบวนการภายใน (process of internalization) (Shaw, 1995)

Vygotsky เชื่อว่าองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของบุคคล คือการสร้างสื่อกลางและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมวัฒนธรรม นอกจากนี้ Vygotsky ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมรอบตัวโดยเฉพาะสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม ว่าช่วยพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคล การช่วยเหลือและชี้แนะจากผู้ที่มีความชำนาญมากกว่า จะทำให้บุคคลสามารถแก้ปัญหาที่ไม่สามารถแก้ปัญหาด้วยตัวเองได้ ประสบการณ์จากการแก้ปัญหาดังกล่าวจะทำให้บุคคลเกิดการเรียนรู้และสามารถแก้ปัญหาได้ตามลำพังในเวลาต่อมา นอกจากนั้นเขายังได้อธิบายเรื่อง การฝึกฝนสติปัญญา แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานความคิดที่ว่า ความอยากรู้อยากเห็น ชอบถามคำถาม รู้สึกตื่นเต้นกับงานใหม่ๆ และคิดว่าเป็นสิ่งไม่ยากเลยที่จะฝึกฝนกิจกรรมพื้นฐานนั้นๆ ถ้าหากว่าจำเป็น ขั้นแรกของการฝึกฝนสติปัญญาคือ ผู้ใหญ่หรือครูจะต้องทำตัวเป็นตัวอย่างหรือสร้างรูปแบบกิจกรรมให้เป็นตัวอย่าง และ

ผู้เรียนได้เห็นถึงความสำคัญของผลงานชิ้นนั้นเมื่อสำเร็จแล้ว การฝึกฝนนี้จะค่อยๆ สร้างทักษะใหม่บนทักษะพื้นฐานเดิม และหวังว่าผู้เรียนสามารถที่จะเรียนรู้และมีทักษะเดิมที่เคยเรียนรู้ไว้แล้ว ขั้นที่สอง ผู้ใหญ่หรือครูซึ่งมีภารกิจมากมายจะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้แก่ผู้เรียนเพราะผู้เรียนยังไม่ค่อยมีความแน่ใจมากนักสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นที่สาม เมื่อผู้เรียนมีความเชื่อมั่นมากขึ้นและค่อยๆ ลดความต้องการการช่วยเหลือจากผู้ใหญ่หรือครูลงโครงสร้างกิจกรรมที่ผู้ใหญ่ทำให้ก็จะค่อยๆ ถูกนำออกไป และถ้าผู้เรียนมีความสามารถมากขึ้น เขาก็จะเป็นอิสระจากผู้ใหญ่หรือครู ไม่ต้องการความช่วยเหลืออีกต่อไป และขั้นสุดท้ายเป็นขั้นที่สำคัญ คือ เผ่าพันธุ์มนุษย์จะมีความสามารถทำสิ่งต่างๆ ได้ดังนั้นการเรียนรู้จึงเป็นกิจกรรมที่ทำจนเก่งจนชำนาญ ผู้เรียนแต่ละคนจะเปรียบเสมือนเป็นครูโดยทางอ้อมให้กับเพื่อนในกลุ่ม (ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์, 2544)

สรุปแนวคิดของ Vygotsky แนวคิดนี้สนใจในกระบวนการทางสังคมที่ก่อให้เกิดความรู้ Vygotsky พบว่า สังคมและวัฒนธรรม มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างไรทำให้เกิดความรู้ และการรู้คิด โดย Vygotsky เชื่อว่าความต้องการของคนเรา การตอบสนองและการสื่อสารกันในบริบทของสังคมวัฒนธรรม ทำให้เกิดความรู้และมนุษย์เกิดการพัฒนาสติปัญญา ซึ่งสิ่งนี้ทำให้มนุษย์แตกต่างจากการรู้คิดของสัตว์ บทบาทกิจกรรมภายนอกมีผลต่อจิตใจภายในสำหรับการสร้างความเข้าใจ ซึ่งส่งผลสะท้อนระหว่างจิตใจภายในและกิจกรรมภายนอก เป็นวงจรการเรียนรู้ประสบการณ์โดยไม่มีที่สิ้นสุด Papert ได้นำหลักการนี้มาใช้และถือเป็นหัวใจของกระบวนทัศน์ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม

ทฤษฎีการเรียนรู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง ตามแนวคิดของ Papert

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม แนวคิดโดยรวมแสดงดังภาพที่ 2.1 เป็นแนวคิดที่เพิ่มเติมจากมุมมองของ คอนสตรักติวิซึม ซึ่ง Subject เป็นผู้กระทำการสร้าง ซึ่งตรงข้ามกับรูปแบบในอดีตสำหรับการพัฒนาการเรียนรู้ที่เรียกว่า อินสตรักชันนิซึม (instructionism) ทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรักชันนิซึมเน้นที่การวิพากษ์วิจารณ์บนพื้นฐานการสร้างสิ่งต่างๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่ภายนอกและแลกเปลี่ยนกัน โดยมีวัสดุหรืออุปกรณ์ในการสร้าง Papert (1960) ได้นำเสนอทฤษฎีนี้โดยกล่าวว่า พวกเราเข้าใจ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ในฐานะที่ประกอบด้วยสิ่งต่างๆ แต่ไปนอกเหนือจากที่ Piaget เรียกว่า “Constructivism” ตัวอักษร v เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยความรู้สร้างโดยผู้เรียนเอง ไม่ใช่ถูกป้อนโดยครู ส่วนตัวอักษร n จากคำ Constructionism เพิ่มเติมแนวคิดในที่นี้โดยเฉพาะสิ่งที่

เหมาะสมเมื่อผู้เรียนสนใจในการสร้างบางสิ่งบางอย่างภายนอกหรืออย่างน้อยแลกเปลี่ยนกัน เช่น การสร้างปราสาททราย หุ่นยนต์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สิ่งเหล่านี้เป็นการนำเราไปสู่รูปแบบการใช้วงจรการสร้างใหม่ของประสบการณ์ การเรียนรู้สำหรับสิ่งที่อยู่ภายในและประสบการณ์ที่อยู่ภายนอก อะไรคือสิ่งที่อยู่ภายนอกและอะไรคือสิ่งที่อยู่ภายใน สลับกันไปมาไม่มีที่สิ้นสุด สิ่งที่เน้นของทฤษฎีนี้คือ ความสนใจการสร้างภายนอกสำหรับการกระทำของผู้เรียนมีผลกระทบต่อสมองภายในของผู้เรียน ทฤษฎีนี้ได้แสดงให้เห็นการพัฒนาการของเด็กสำหรับการกระทำสร้างสรรค์สิ่งต่างๆซึ่ง เป็นการสร้างสรรค์ใหม่ของการปฏิสัมพันธ์ เด็กสามารถสะท้อนผลระหว่างประสบการณ์ภายในและภายนอก ประสบการณ์ข้างในนำออกไปผ่านการสร้างและการแลกเปลี่ยนกันภายนอก ซึ่งประสบการณ์ข้างนอกจะปรับประสบการณ์ภายในทำความเข้าใจใหม่ โดยการตีความหมายใหม่ในรูปแบบที่อยู่ภายนอก ซึ่งรูปแบบภายอกจะทำให้เกิดเข้าใจความหมายใหม่ภายใน กระบวนการนี้สามารถกลายเป็นขั้วระหว่างภายนอกกับภายใน ความแตกต่างจากการสร้างและการสร้างสรรค์ของเด็กจะไม่จบสิ้น มุมมองที่สำคัญของ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม คือการให้โอกาสและบริบทสำหรับกิจกรรมการสร้างสิ่งต่างๆ ภายนอก ซึ่งกลายเป็นประสบการณ์ภายใน ดังที่ Papert ได้อธิบายว่า

> …ฉันชอบที่จะหาประเด็นสำคัญทางทฤษฎีขบคิด เช่น คอนสตรักชันนิซึม เปรียบเทียบกับอินสตรักชันนิซึม ซึ่งไม่ได้หมายความว่า อินสตรักชันนิซึมไม่ดีหรือเปล่าประโยชน์ แต่นักการศึกษาได้ให้คุณค่าอินสตรักชันนิซึมมากเกินไปถึงขนาดถือเป็นจุดสำคัญในการเปลี่ยนแปลงการศึกษา แต่ฉันคิดว่าถ้าจะปรับปรุงการเรียนรู้ให้ดีขึ้นน่าจะไม่ได้มาจากการหาวิธีการสอนของครูที่ดีขึ้นแต่น่าจะมาจากการให้โอกาสที่ดีกว่าแก่ผู้เรียนในการสร้างความรู้…

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นการเตรียมทางผ่านไปในเส้นทางที่กลไกบางอย่างซ่อนอยู่ในแต่ละคน ซึ่งทำการสร้างสรรค์ผลผลิตและพัฒนาประสบการณ์ และเน้นไปที่ประสบการณ์ภายในและภายนอก สำหรับการสร้าง ความสัมพันธ์ และการสนับสนุนสำหรับการพัฒนา (Shaw, 1995)

Papert มีมุมมองบนพื้นฐานแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่รู้และโดยการมองไปที่สถานการณ์และปัญหาภายใต้มุมมองที่แตกต่างกัน การกระทำในลักษณะนี้สามารถเชื่อมสิ่งที่ไม่สามารถเข้ากันได้ให้เข้ากันได้ในวิถีทางการคิดของคนคนหนึ่ง Papert มองสถานการณ์ หรือการเชื่อมต่อทางด้านสติปัญญาของผู้เรียนในสถานการณ์เป็นกุญแจสำคัญของการเรียนรู้กับปรากฏการณ์ภายใต้การศึกษา (Dekoli, 2003) นอกจากนั้น Papert ยังเน้นให้เห็นว่า การเรียนรู้ที่ดี

ที่สุดคือการลงมือทำ แต่พวกเราจะเรียนรู้ได้ดีกว่าอีก ถ้าพวกเราผสมผสานการทำของเรากับการพูดและการคิดเกี่ยวกับอะไรที่เราทำ (Papert, 1999)

นอกจากการอธิบายแนวคิดนี้ของ Papert แล้วยังมีมุมมองของนักวิชาการที่ได้แสดงแนวคิดต่อทฤษฎีนี้ดังนี้

Bourgoin (1990) มีมุมมองต่อทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม โดยเชื่อว่า ทุกคนเรียนรู้โดยการสร้างใหม่ของความรู้และกระบวนการนี้จะง่ายเมื่อทำในบริบทสำหรับการสร้างวัตถุอย่างมีความหมาย ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมเป็นการสังเคราะห์จากทฤษฎี คอนสตรักติวิส (constructivist) สำหรับนักจิตวิทยาพัฒนาการ และเสนอโอกาสโดยเทคโนโลยี ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐาน การศึกษาสำหรับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในกิจกรรมที่นักเรียนกำลังสร้างความเข้าใจง่ายๆ มากกว่าการรับข้อมูลหรือข้อเท็จจริงโดยปราศจากบริบท ในสิ่งซึ่งเขาสามารถที่จะใช้มันและเข้าใจมันในทันที่ในบริบทนั้นๆ ไม่ต้องรอที่จะใช้และเข้าใจในอนาคต

นอกจากนั้น Shaw (1995) ยังได้ให้ความเห็นว่าทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นปรัชญาทางการศึกษาซึ่งยืนยันว่าคนเราเรียนรู้ได้ดีเมื่อสนใจในการสร้างสิ่งประดิษฐ์อย่างมีความหมายด้วยการสร้างสิ่งเหล่านั้นด้วยตัวเขาเองอย่างมีความหมาย และแลกเปลี่ยนสิ่งนั้นกับคนอื่นๆ ในกลุ่มหรือผู้ที่มีความสนใจเหมือนกัน ด้วยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ภายนอก จะมีอิทธิพลและการสะท้อนกลับต่อการสร้างความรู้ภายในสมองคน ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม มีรากฐานจาก คอนสตรักติวิซึม ของ Piaget ทฤษฎีของ Piaget อธิบายว่าความรู้เกิดการสร้างขึ้นได้อย่างไรในสมองของคนเรา ส่วน Papert อธิบายว่า บทบาทของการสร้างสิ่งต่างๆ เป็นส่วนที่สนับสนุนสิ่งที่อยู่ในสมอง ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม นำมุมมองของ ทฤษฎีความรู้มาใช้โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำความเข้าใจธรรมชาติการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างไรเหมือนกับทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม แต่ด้วยมุมมองที่มองที่การผลิตจึงทำให้เปลี่ยนมุมมองการเรียนรู้ของคน สำหรับการเรียนรู้ในลักษณะนี้เน้นการใช้คอมพิวเตอร์ในฐานะที่เป็นเครื่องมืออันทรงพลังสนับสนุนวิถีทางใหม่สำหรับการคิดและการเรียนรู้ อีกหลักการหนึ่งของทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมต้องการสร้างชุมชนผู้เรียนที่จะแลกเปลี่ยนแนวคิดของโครงงานหรือการสำรวจต่างๆ ซึ่งบางคนใช้ face-to-face บางคนใช้ on-line ชุมชน ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมให้โอกาสมากสำหรับแต่ละคนสำหรับการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่น่าพอใจ และบางครั้งสนับสนุนเครือข่ายการเรียนรู้

ส่วน Martin (1994) ได้อธิบายถึงทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมว่า เน้นการจัดสภาพแวดล้อมและจัดเครื่องมือ (tools) ให้กับเด็กได้สร้างความรู้ซึ่งการจัดสภาพแวดล้อมเหมือนกับการเรียนรู้ภาษาฝรั่งเศสในประเทศฝรั่งเศส และการมีเครื่องมือให้เด็กได้ใช้ซึ่งได้แก่ เลโกโลโก ส่วนการจัดสภาพแวดล้อมจะใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งคือ ภาษาโลโก (logo) โดยภาษานี้ให้ความแตกต่างไปจากภาษาอื่นๆ 2 ประการ 1) เป็นการโปรแกรมในลักษณะปฏิสัมพันธ์ (interactive) และ 2) เป็นการกระทำไม่ใช่เฉพาะการจัดกระทำเฉพาะข้อมูลแต่เป็นการกระทำที่ใช้ตัวเองมีส่วนร่วมด้วย เป็นการคิดกับตัวเอง เต่าในโลโกจะให้เด็กเล่นสนุกและคุ้นเคยกับวัตถุที่ถือว่าอยู่ในความคิดเขา เมื่อเขาคิดเกี่ยวกับวัตถุเขาจะมีพฤติกรรมอย่างไร ในงานวิจัยของ Martin จะสร้าง Programable Bric และศึกษา Programable Bric กับเด็กๆ

นอกจากนั้น Resnick (1992) ยังได้อธิบายแนวคิดนี้คือ การเรียนรู้ผ่านการออกแบบ (learning-by –design) คืออีกด้านหนึ่งที่ Papert เรียกว่า คอนสตรักชันนิซึม เป็นการเข้าสู่การเรียนรู้และการศึกษา ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เป็นการยืนยันว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการ Active Process ในบุคคลที่กระทำกิจกรรมในการสร้างความรู้จากประสบการณ์ของเขาในโลก (แนวคิดตั้งอยู่บนพื้นฐาน คอนสตรักติวิซึม ของ Piaget) ซึ่งในที่นี้ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ได้เพิ่มเติมแนวคิดในการสร้างความรู้ใหม่ของบุคคลที่มีประสิทธิ์ภาพ เมื่อเขาสนใจในการสร้างผลิตภัณฑ์อย่างมีความหมายสำหรับตัวเขาเอง เขาอาจสร้าง ปราสาททราย เลโกโลโก หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สิ่งสำคัญคืออะไรที่เขากระทำด้วยความสนใจในการสร้างบางสิ่งบางอย่างที่มีความหมายต่อตัวเขาและคนอื่นๆ รอบตัวเขา Papert เปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างกับการสอนว่าการสอนนั้นมักจะเน้นไปที่วิถีทางใหม่สำหรับครูที่จะสอน ส่วน ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม จะเน้นไปที่วิถีทางใหม่สำหรับผู้เรียนที่จะสร้าง ทั้งสองอย่างมีความสำคัญแต่ Papert ให้ความสำคัญการสร้างความรู้คือ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ไม่ใช่ อินสตรักชันนิซึม Papert เสนอว่าสิ่งที่ท้าทายสำหรับนักการศึกษาและนักพัฒนาการศึกษาคือการสร้างสรรค์เครื่องมือและสภาพแวดล้อมที่กระตุ้นผู้เรียนคือ 1) การสร้าง 2) ประดิษฐ์ 3) การทดลอง กระบวนการที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 2 อย่างสำหรับการออกแบบคือ 1) นักการศึกษาจะต้องออกแบบสิ่งต่างๆ ที่อนุญาตให้นักเรียนออกแบบและสร้างสิ่งต่างๆ 2) ให้โอกาสนักเรียนในการคิดและสร้างสรรค์

ส่วน Bers (2001) ได้อธิบายการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดขึ้นผ่านการออกแบบและการสร้างสำหรับวัตถุที่ผู้เรียนสนใจอย่างลึกซึ้ง ซึ่ง Papert อธิบายว่าห้องเรียนคณิตศาสตร์ควรเป็นเหมือนห้องเรียนศิลปะการแกะสลักสบู่ที่นักเรียนจะเกี่ยวข้องกับการออกแบบตามจิตนาการของเขา

ส่วนวิชาคณิตศาสตร์กิจกรรมจะเตรียมประสบการณ์เรียนรู้ของผู้เรียนที่ซึ่งเด็กควรจะเรียนรู้ และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่มีความสอดคล้องกับแต่ละคนและสไตล์ของแต่ละคน อีกความสำคัญหนึ่งคือ โอกาสสำหรับผู้เรียนที่สะท้อนกระบวนการเรียนรู้ของตนเองไม่ใช่เฉพาะการค้นหาแบบแผนการสร้างใหม่ แต่เป็นการอธิบายชัดเจนเกี่ยวกับแนวคิดเขา เมื่อมีการแลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ ถึงการสร้างสรรค์และการประยุกต์ความรู้ที่สร้างขึ้นเอง คำถามปลายเปิดและการรู้คิดของสังคมวัฒนธรรม เข้ากับเครื่องมือและการให้เด็ก ๆ หรือผู้เริ่มต้นสนใจกับเนื้อหาอย่างรวดเร็วและสไตล์การเรียนรู้เขา สิ่งทั้งหลายเหล่านี้คือ ศูนย์กลางของ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม Papert มีมุมมองต่อแนวคิดที่ว่า ผู้เรียนถลำไปยังสถานการณ์ที่ไม่รู้และโดยการมองที่สถานการณ์และปัญหาด้วยมุมมองที่แตกต่างกัน Papert มองไปที่สถานการณ์ที่กุญแจสำคัญของการเรียนรู้คือการกลายเป็นส่วนหนึ่งกับปรากฏการณ์ภายใต้สิ่งที่ศึกษา ทั้ง Papert และ Piaget มีมุมมองต่อการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างความจริงที่ว่า เด็กสร้างเครื่องมือการรู้คิดด้วยตนเอง สำหรับสิ่งที่อยู่ภายนอกที่เป็นจริง เขาเหล่านั้นแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มมุมมองการสร้างความรู้ ส่วนที่แตกกันคือ Piaget .ให้ความสนใจในการสร้างโครงสร้างทางสติปัญญาภายในที่มีเถียรภาพเป็นอย่างไร ส่วน Papert สนใจพลวัตรสำหรับการเปลี่ยนแปลงระหว่างภายในและภายนอกเป็นอย่างไร

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมมีจุดเด่นในเรื่องของ การใช้เทคโนโลยีช่วยในการเรียนรู้และสร้างสรรค์สติปัญญาโดยแนวคิดของ Papert ที่ว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้อย่างไรและดิจิตอลเทคโนโลยีสามารถปรุงแต่งอย่างไรในกระบวนการเรียนรู้ ดังนั้นองค์ประกอบพื้นฐานกิจกรรมการเรียนรู้จึงเน้นไปที่ การทำ (making) การสร้าง (building) สิ่งประดิษฐ์ที่มีความหมายเฉพาะตัว (Sipitakiat, 2007)

นอกจากนั้น Papert เสนอว่า บุคคลเรียนรู้ได้ดีที่สุดผ่านกระบวนการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งนานมากก่อนจะเสนอคำว่า ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ความจริงแล้ว Papert อธิบายว่าคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังสามารถช่วยให้เด็กสร้างและเป็นผู้เรียนรู้ (Millner, 2005)

หลักการของทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม คือ การสร้างกิจกรรมของผู้เรียนและการสร้างใหม่ของความรู้จากประสบการณ์ของเขาในโลก เป็นการเน้นที่ผู้เรียนสนใจในการสร้างวัตถุ ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม แตกต่างจากทฤษฎีอื่น ๆ ตรงที่ทฤษฎีอื่นๆจะกล่าวถึงเฉพาะความรู้ที่ได้รับ แต่ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมให้ความสำคัญกับบทบาทของผลกระทบ ผู้เรียนมีสติปัญญาจากการที่เมื่อเขา

ทำงานกับกิจกรรมและสร้างโครงงานอย่างมีความหมายเฉพาะบุคคล รูปแบบความสัมพันธ์กับความรู้เป็นสิ่งที่สำคัญในฐานรูปแบบใหม่ในการแสดงความรู้ โดยเน้นที่ความหลากหลาย เน้นที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมต่อกันของความรู้ ในวิถีทางที่แตกต่างกัน สภาพแวดล้อมการเรียนรู้สนับสนุนสไตล์ที่หลากหลาย และการแสดงความรู้ในสไตล์ที่หลากหลาย (Kaifai and Resnick, 1996)

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมเริ่มต้นกับทฤษฎีของ Piaget คือ คอนสตรักติวิซึม ซึ่งสภาวะผู้เรียนกระทำกิจกรรมการสร้างความรู้ด้วยตัวเขาเอง ผู้เรียนไม่ได้รับมาจากครูหรือว่าผู้เรียนมีแต่ความว่างเปล่า ผู้เรียนกระทำการวิเคราะห์กิจกรรมที่เขาเห็น และทำการดูดซึมประสบการณ์การสังเกตและนำข้อมูลเหล่านั้นไปยังรูปแบบความรู้หรือความคิดที่มีมาก่อนหน้านั้น หรือบางครั้งต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างทางปัญญาไปยังการสังเกตและรับข้อมูลใหม่ที่ไม่สัมพันธ์กันกับความรู้ที่ได้รับมาก่อนหน้านี้ Papert นำ คอนสตรักติวิซึม มาเพิ่มเติม และเรียกว่า ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม Papert กล่าวว่า วิถีทางที่ดีที่สุดของผู้เรียนคือ การสร้างความรู้ด้วยการสร้างสิ่งต่างๆ การออกแบบและการสร้างสิ่งต่างๆ มีวิถีทางที่มากมายและหลากหลายในการปฏิสัมพันธ์กับวัตถุและแนวคิด ผู้เรียนจำเป็นต้องมีแนวคิดเกี่ยวกับการคิด เกี่ยวกับการสร้างบางสิ่งบางอย่าง (Resnick, Rusk and Cooke, 1998)

สรุป ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการลงมือสร้าง โดยมีวัตถุช่วยคิด ช่วยในการสร้างสิ่งต่างๆ ที่มีความหมายต่อผู้สร้างเองและผู้อื่นรอบๆ ต่อผู้สร้าง อีกทั้งจะต้องแลกเปลี่ยนความรู้ที่เกิดขึ้นจากการสร้างนั้นกับคนอื่นๆ ด้วยวงจรการเรียนรู้ระหว่างประสบการณ์ภายในกับภายนอก

ผลจากการใช้ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมทำให้เกิดแนวคิดและทฤษฎีเพิ่มขึ้นดังนี้

ทฤษฎีความรู้แบบพหุนิยม (epistemological pluralism) เป็นทฤษฎีที่นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับสไตล์ของสติปัญญาโดย Turkle และ Papert สำหรับการประยุกต์ใช้แนวคิด การเรียนรู้โดยคอนสตรักชันนิซึม ในการวิจัยเกี่ยวกับนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Turkle และ Papert ได้แสดงให้เห็นว่านักออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีสไตล์สติปัญญาที่แตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่านักวางแผน (planner) กับนักคิดไปทำไป (bricoleur) นักคิดไปทำไปมีลักษณะคล้ายคลึงกับจิตรกรผู้ซึ่งยืนอยู่ระหว่างรอยป้ายของพู่กันที่ผ้าใบและมองไปที่ผ้าใบ หลังจากนั้นเขาก็มุ่งมั่นตัดสินใจว่าอะไรที่จะทำต่อไป ส่วนนักวางแผน การข้ามขั้นตอนหมายถึงความผิดพลาดไม่สามารถทำอะไร

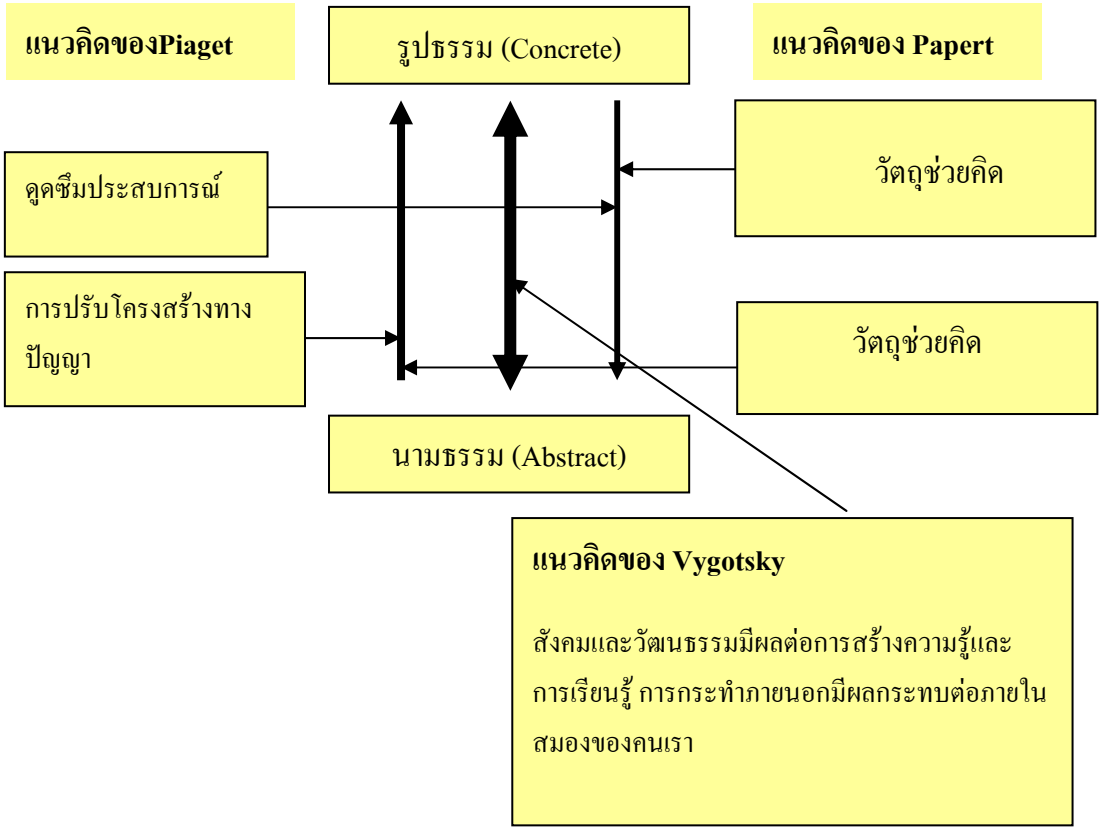
ต่อไปได้ นักคิดไปทำไปมีเป้าหมายแต่การเริ่มต้นเข้าสู่ความจริงของเขาโดยจิตวิญญาณของการท้าท้ายร่วมกัน ขณะที่ลำดับขั้น (hierarchy) และนามธรรม (abstraction) เป็นสิ่งที่มีคุณค่าสำหรับนักวางแผน นักคิดไปทำไปชอบที่จะเจรจาพูดคุยและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งใหม่ๆ เสมอ Turkle และ Papert ยอมรับว่า นักวิทยาศาสตร์ นักคอมพิวเตอร์และนักศึกษาระดับปริญญาโทมีทักษะทางด้านของการคิดไปทำไป ซึ่งแน่นอนว่าวัฒนธรรมของนักโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เชี่ยวชาญ วัฒนธรรมของนักแฮกเกอร์มีสไตล์คิดไปทำไปเป็นของตัวเอง การศึกษาของทั้งสองจะโพกัสไปที่กิจกรรมการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในฐานะที่มีประสบการณ์ของนักโปรแกรมเมอร์ และแสดงให้เห็นถึงแรงกดดันของวัฒนธรรมทำให้มีรูปแบบการคิดที่แตกต่างกันทั้งสองได้อภิปรายถึง การประยุกต์ใช้แนวคิดทั้งสองรูปแบบในการพัฒนาสติปัญญาในด้านของวิศวกรรม และการออกแบบที่แสดงให้เห็นในระดับมหาวิทยาลัย (Turkle and Papert, 1990)

การออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏ (emergent design) การออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏนี้นำเสนอโดย David Cavallo ซึ่ง Cavallo ได้แสดงให้เห็นในโครงการประภาคารปัญญา (Lighthouse) เป็นโครงการที่พยายามที่จะปฏิรูปการศึกษานอกโรงเรียนในประเทศไทย โดยการสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยี โดยการแสดงตัวอย่างการออกนอกกล่อง (out-of-the-box) สำหรับการเรียนรู้ โดยแนวคิดคือการสร้างตัวอย่างในตัวอย่าง (design all the way down) สำหรับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้และการใช้เทคโนโลยี โดยการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ จากกระบวนการที่ปรากฏจากการปฏิสัมพันธ์สำหรับผู้เรียน โครงการประภาคารปัญญา เน้นที่วัฒนธรรมสำหรับความเชี่ยวชาญเทคโนโลยี ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ในฐานะบุคคลผู้ซึ่งปกติแล้วคือ แฮกเกอร์(hacker)ในการใช้เทคโนโลยีในไร่นาของเขา และเครื่องจักรกลที่เป็นเครื่องมือในการถ่ายโยง (transferred) จิตวิญญาณของการคิดไปทำไป (bricoleur) ไปยังประสบการณ์เรียนรู้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และการเริ่มต้นสร้างสไตล์เรียนรู้ของตัวเอง ในกรณีของโครงการประภาคารปัญญา เป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีความรู้ทางด้านมานุษยวิทยา (epistemological anthropology) ซึ่งประกอบไปด้วยทักษะและความรู้ซึ่งฝังอยู่ในชุมชน และใช้สิ่งเหล่านี้ในฐานะเป็นสะพานเชื่อมไปยังบริบทใหม่สำหรับการพัฒนา การวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ นำมาซึ่ง วัฒนธรรมเครื่องจักรกล (engine culture) ในชนบทของไทย ในฐานะที่คนไทยไม่ยอมรับศักยภาพการเรียนรู้ของตนเองและการประยุกต์เทคโนโลยีชนบทของตนเอง (Cavallo, 2000)

โครงการประภาคารปัญญาได้วางแผนมาจาก สถาบันเทคโนโลยีแมสซาซูเซส (MIT) โดยเริ่มต้น 1) ต้องสร้างหลักสูตรที่เป็นแกนกลางและใช้หลักสูตรนี้กับทุกโรงเรียน 2) ต้องฝึกอบรมครูก่อนแล้วให้ครูถ่ายถอดไปยังนักเรียน 3) ควรมีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ให้มากพอในทุกโรงเรียน และสุดท้ายต้องมีการอบรมครู ซึ่งทั้งหมดยกเลิกและใช้การออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏทั้งหมด (emergent design) Cavallo แสดงตัวอย่างให้เห็นในกรณีตัวอย่างของการใช้แนวคิดการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏ ที่ได้เข้าไปศึกษาและใช้วิธีนี้ที่หมู่บ้านหนองโบสถ์ อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ หลังจากที่ Cavallo แนะนำชาวบ้านเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Microwold Logo เลโกโลโก ให้กับชาวบ้าน ในตอนเย็นได้พูดคุยกับชาวบ้านถึงปัญหาการขาดแคลนน้ำ และชาวบ้านต้องการสร้างฝายน้ำล้นในการเก็บน้ำในหน้าแล้ง Cavallo และชาวบ้านช่วยกันจำลองการสร้างฝายน้ำล้นจากเทคโนโลยีที่ได้รับ ชาวบ้านใช้เทคโนโลยีในคอมพิวเตอร์ในการสร้างและจำลองแผนที่ในการสร้างฝายน้ำล้น ชาวบ้านกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่เรียนไม่ดีในระบบโรงเรียน จบการเรียนแค่ประถม 4 และ ประถม 7 ไม่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ และ วิศวกรรมศาสตร์ แต่เขาเหล่านั้นสามารถที่จะใช้โปรแกรม Mricrowold Logo และกล้องดิจิตอลในการสร้างแผนที่และการจำลองการสร้างฝาย ซึ่งในการสร้างฝายน้ำล้นหน่วยงานราชการเคยมาดำเนินการแล้วแต่ล้มเหลว (Cavallo, 2000)

แต่จากการที่ชาวบ้านได้สำรวจและถ่ายรูปมาสร้างและจำลองบนคอมพิวเตอร์และนำเสนอปรากฏว่าการสร้างฝายผิดเส้นทางน้ำไหล ทำให้น้ำในฝายไม่เพียงพอสำหรับหน้าแล้งนี้เป็นการแสดงให้เห็นการเข้าถึงเทคโนโลยีของชาวบ้านและนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ชาวบ้านที่ไม่มีโอกาสเรียนรู้และใช้เทคโนโลยีแต่เขาสามารถที่จะใช้และเข้าถึงได้อย่างน่าทึ่ง จากการที่ชาวบ้านได้ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ชาวบ้านต้องการการเข้าสู่ระบบอินเทอร์เนตในการจัดการและควบคุมความรู้ด้วยตนเอง เช่น ในการแก้ปัญหาและวินิจฉัยแหล่งน้ำที่ไม่สะอาดทำให้วัวเป็นโรค นอกจากนั้นกลุ่มแม่บ้านยังสามารถที่จะใช้ เลโกโลโก จำลองระบบการผลิตขนมและผลิตภัณฑ์พื้นบ้านในหมู่บ้านโดยการจำลองให้เห็นกระบวนการผลิตการขนส่งสินค้าและการสร้างเครื่องจักรที่จะพัฒนารูปแบบของสินค้าให้มีคุณภาพดีขึ้นสามารถทราบถึงต้นทุนและจะขยายการผลิตได้อย่างไร คำนวณโดยใช้โปรแกรม แอกเซล ซึ่งกรณีตัวอย่างทั้งหมดมีการออกแบบการเรียนรู้บนสิ่งที่ปรากฏ (Cavallo, 2000) ดังนั้นการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏเป็นการออกแบบที่ยึดพื้นฐานของการออกแบบตามสถานการณ์ที่ปรากฏอยู่

การออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏ เป็นการออกแบบซึ่งกรอบทฤษฎีเน้นการประยุกต์ทฤษฎีความรู้เพื่อการสืบสวนทักษะและความรู้ที่ฝังตัวอยู่ในพื้นที่การเรียนรู้ของชุมชน คล้ายกับการส่องไฟไปบนความต้องการที่จะศึกษาบนโลกของการออกแบบ Cavallo ได้ประยุกต์แนวคิดของการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏในการสร้างการประยุกต์(applications) ต่างๆ และนอกจากนั้นในผลงานวิจัยของ Sipitakiat ได้แสดงให้เห็นว่าการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏสามารถที่จะใช้ในการสร้างเครื่องมือ (tools) ได้ด้วย (Sipitakiat, 2001)



ภาพที่ 2.1 แสดงแนวคิด Piaget, Papert และ Vygotsky

สรุปทฤษฎี คอนสตรักติวิซึม และทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมจากภาพที่ 2.1 แสดงแนวคิดของทั้งสามแนวคิดของ Piaget, Vygotsky and Papert ทำให้เกิดความเข้าใจต่อมุมมองในการจัดการเรียนรู้ที่ความรู้มาจากการสร้างด้วยตนเอง โดยแนวคิดของ Piaget ได้อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในสมอง เมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมล้อม Piagetได้อธิบายการเกิดโครงสร้างของความรู้ (schema) ในสมองหรือการดูดซึม ความรู้เก่าเข้ากับความรู้ใหม่นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไรหรืออธิบายง่ายๆ คือ การสร้างสิ่งที่เกิดจากรูปธรรมไปยังสิ่งที่เป็นนามธรรมได้อย่างไร Piaget เรียกการกระทำนี้ว่า

การสร้างจาก Concrete ไปยัง Formal และในกรณีที่ความรู้ใหม่ไม่สามารถเข้ากับความรู้เก่าได้จะมีการทำความเข้าใจต่อความรู้นั้นใหม่นั้นคือกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา เป็นการสร้างความรู้ใหม่ต่อสิ่งนั้นการสร้าง Schema ใหม่กับสิ่งแวดล้อมนั้นหรือการอธิบายง่ายๆ คือ การสร้างจากนามธรรมใหม่ภายในไปยังรูปธรรมภายนอกเพื่อให้เกิดความเข้าใจใหม่กับสิ่งแวดล้อมภายนอกนั้น

แต่สำหรับ Papert ได้รับอิทธิพลแนวคิดจาก Piaget และ Vygotsky แต่มีมุมมองที่แตกต่างในเรื่องของการพัฒนาสติปัญญาของมนุษย์ Papert มีความเชื่อว่ามีปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การพัฒนาสติปัญญาไม่เป็นลำดับขั้นได้และสามารถสร้างความรู้และวิถีทางการเรียนรู้ที่แตกต่างออกไปคือวัตถุช่วยคิด Papert อธิบายว่าวัฒนธรรมของเราขาดซึ่งวัตถุในการสร้างมโนทัศน์ง่ายๆ และเป็นรูปธรรม วัตถุช่วยคิดนี้สามารถที่จะทำให้เกิดการ ดูดซึมประสบการณ์ และ ปรับโครงสร้างทางปัญญา อย่างเป็นรูปธรรมและรวดเร็ว การเรียนรู้เกิดจากการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ โดยเน้นที่ผู้สร้างจะต้องมีวัตถุในการสร้างสรรค์ ซึ่งถ้ามองจากแนวคิดของทั้งสองทฤษฎี จะพบว่าทั้งสองแนวคิดพยายามที่จะสร้างความรู้ระหว่างรูปธรรมและนามธรรม

สำหรับ Vygotsky แล้ว สังคมและวัฒนธรรมมีผลต่อการเรียนรู้ของมนุษย์และสิ่งเหล่านี้ทำให้มนุษย์แตกต่างจากสัตว์และที่สำคัญ Vygotsky พบว่าการกระทำภายนอกทางด้านสังคมและวัฒนธรรมมีผลต่อความรู้หรือประสบการณ์ที่อยู่ภายใน การสร้างความรู้เป็นผลมาจากประสบการณ์ภายนอกมีผลต่อประสบการณ์ภายในและประสบการณ์ภายในเมื่อนำออกมาแลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ จะทำให้ความเข้าใจประสบการณ์เปลี่ยนไปและวงจรนี้จะสลับกันไปมาไม่มีที่สิ้นสุด

ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์

ทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นทฤษฎีที่อธิบายความรู้ (knowledge) ว่าเป็นผลของความพยายามของมนุษย์ในการจัดการกับโลกแห่งประสบการณ์ของตนเอง ทรรศนะนี้เกี่ยวกับความรู้ในปรัชญาปฏิบัตินิยม (pragmatism) ซึ่งเป็นอิทธิพลจากแนวคิดของ วิลเลียม เจมส์ (William James) และจอห์น ดิวอี (John Dewey) ในตอนต้นของคริสต์ศตวรรษที่ 20 James (1975) มีความเห็นว่าความรู้คือความสามารถของรายบุคคล ในการปรับประสบการณ์เก่าหรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ได้ด้วยกระบวนการพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ และมีความสมเหตุสมผล (process of

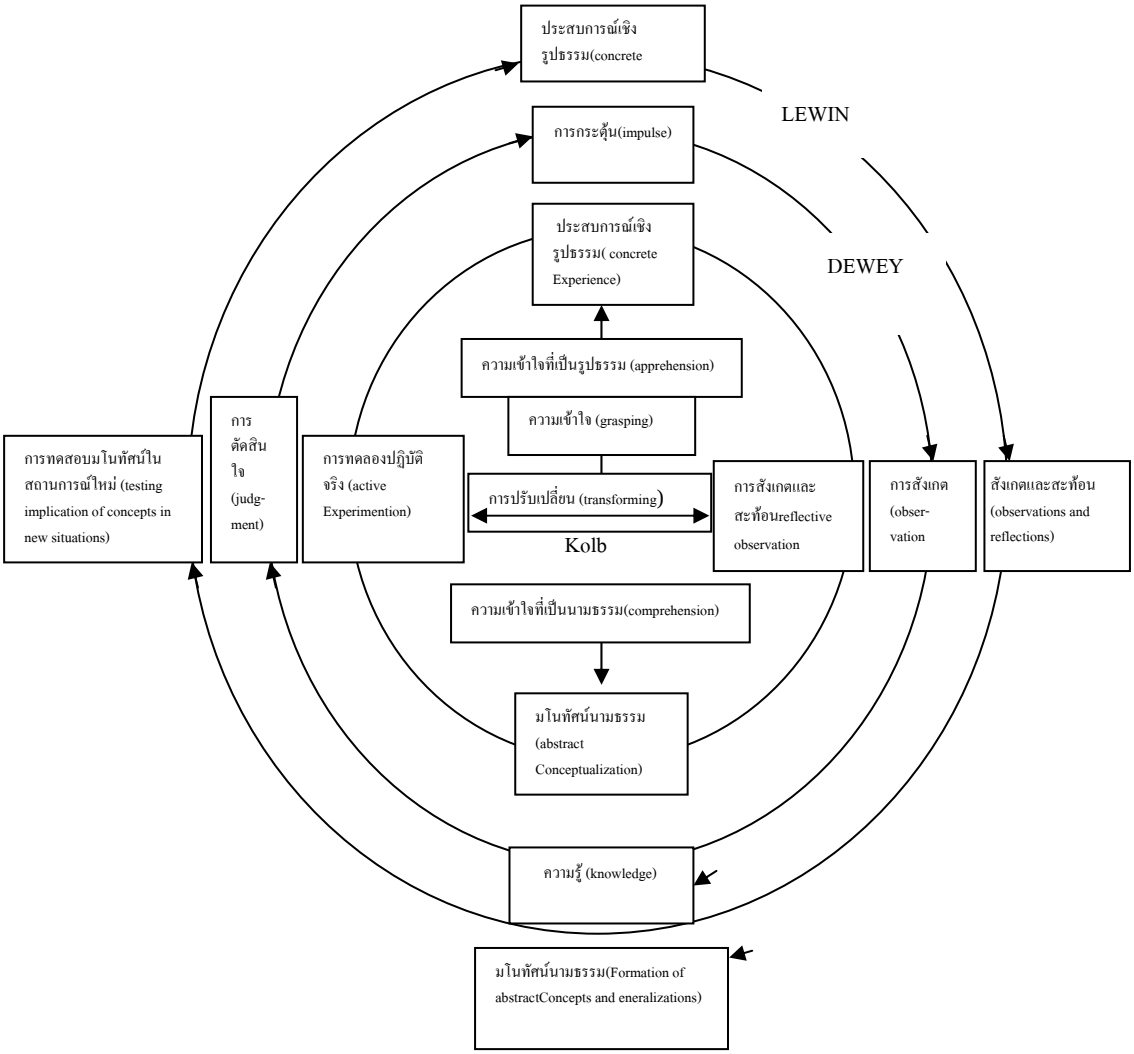
verification and validation) ก่อให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติ และกระบวนการของการนำความคิดที่ผ่านกระบวนการพิสูจน์ให้เห็นจริงและมีความสมเหตุสมผลแล้วไปสู่ความคิดเห็นอื่นๆ ในประสบการณ์อื่นๆ ที่มีค่าสำหรับการดำเนินชีวิต และขจัดความขัดแย้งระหว่างความคิดในประสบการณ์เก่ากับประสบการณ์ใหม่ วิธีการหาความรู้ของปฏิบัตินิยมไม่ได้เริ่มต้นจากความเป็นจริงทั่วไปแล้วใช้หลักเหตุผลถอดเอาความจริงปลีกย่อยออกมาดังการ นิรนัย (deduction) ที่ปรากฏในลัทธิเหตุผลนิยม ปฏิบัตินิยมยอมรับประสบการณ์และข้อเท็จจริงที่ได้รับทางประสาทสัมผัสเพียงอย่างเดียวเป็นบ่อเกิดของความรู้ และไม่ใช่ประสบการณ์ ทุกประสบการณ์จะเป็นความรู้ ความรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการไตร่ตรอง (reflection) เกี่ยวกับประสบการณ์นั้นๆ (ไพจิตร สดวกการ, 2539)

Dewey ให้ความสำคัญที่ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (learning by doing) เน้นที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (creation) ความรู้ใหม่หรืออาจกล่าวได้ว่า ผู้เรียนปรับเปลี่ยนตนเอง (transformation of oneself) ตามกระบวนการเรียนรู้ให้สามารถปฏิบัติตนในสถานการณ์ใหม่ได้ Dewey เห็นว่าการเรียนรู้จากประสบการณ์มิใช่เพียงการเรียนที่จะทำอะไรสักอย่างหนึ่งให้ได้เท่านั้น การเรียนรู้จากประสบการณ์เป็นวงจรของการลองกระทำ วงจรการลองกระทำหรือการเรียนรู้จากประสบการณ์เริ่มที่ 1) ผู้เรียนรับรู้ปัญหา 2) คิดหาแนวทาง 3) ลองกระทำ 4) ผู้เรียนเกิดประสบการณ์จากผลของการกระทำและในที่สุด 5) ผู้เรียนสร้างความรู้ของตนเอง โดยอาจเป็นการยืนยันในความรู้เดิมว่าสอดคล้องและใช้ได้ในสถานการณ์ใหม่หรือปรับเปลี่ยนความรู้เดิมเป็นความรู้ใหม่ (ชัยฤทธิ์ โพธิสุวรรณ, 2544) Dewey ได้แบ่งประสบการณ์เป็น 2 ประเภท คือ ประสบการณ์ที่ไม่ได้รู้คิด (non-cognitive experience) และประสบการณ์รู้คิด (cognitive experience) ประสบการณ์ที่ไม่ได้รู้คิดเป็นกระบวนการของการกระทำและประสบการณ์เปลี่ยนแปลงระหว่างอินทรีกับสภาพแวดล้อมโดยที่มิได้ไตร่ตรอง (reflection) มักเกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของอินทรีจากการมีความสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ ในลักษณะต่างๆ อย่างมีความหมาย และกลายเป็นความเคยชินโดยอินทรีมิได้ตระหนักรู้เกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น ครั้นเมื่อกระบวนการไตร่ตรองเริ่มขึ้นประสบการณ์ที่ไม่รู้คิดเหล่านั้นจะค่อยๆ มีความหมายขึ้น ผู้ไตร่ตรองจึงเริ่มรู้และเข้าใจในสิ่งที่ตนประสบ ประสบการณ์ที่ไม่ได้รู้คิดซึ่งผ่านกระบวนการไตร่ตรองแล้วก็จะกลายเป็นประสบการณ์รู้คิด ประสบการณ์ที่ไม่ได้รู้คิดจึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการไตร่ตรองเป็นสิ่งที่มีอยู่ก่อนและมีขอบเขตกว้างกว่าประสบการณ์รู้คิดซึ่งเป็นความรู้ (ไพจิตร สะดวกการ, 2539)

นอกจากนั้น Dewey มีมุมมองต่อการเรียนรู้จากประสบการณ์คล้ายคลึงกันกับรูปแบบของ Lewin แต่แตกต่างจาก Lewin ที่ใช้กระบวนการป้อนกลับ (feedback) ในการอธิบายการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ โดยแนวคิดของ Dewey เริ่มต้นจากการกระตุ้น (impulse) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ 1 ทำให้เกิดความรู้สึก (feeling) และความปรารถนาสำหรับประสบการณ์จริงไปยังความมุ่งมั่นในระดับที่สูงขึ้น สำหรับการกระทำในขั้นต่อไป ขั้นที่ 2 คือ การสังเกตและรวบรวมข้อมูล (Observation) ขั้นตอนที่ 3 คือ ความรู้ (Knowledge) หมายถึงความรู้ที่เกิดขึ้นจากประสบการณ์ ขั้นตอนที่ 4 คือ การตัดสินใจ (Judgment) หมายถึง การตัดสินใจจากการสังเกตเห็นและจำได้ แนวคิดแสดงดังภาพที่ 2.2 นอกจากนั้นการอธิบายรูปแบบของ Dewey คล้ายคลึงกับของ Lewin โดยเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ ระหว่างขั้วของกระบวนการระหว่าง ประสบการณ์เชิงรูปธรรม (concrete experience) และมโนทัศน์นามธรรม (abstract conceptualization) การสังเกต การสะท้อน (reflective observation)และการทดลองปฏิบัติจริง (active experimentation) ซึ่งการกระตุ้นเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดประสบการณ์จนทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนในกระบวนการของสิ่งเหล่านั้น (Kolb, 1984)

Lewin มีมุมมองต่อการเรียนรู้จากประสบการณ์ หมายถึง เทคนิคของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ และวิธีการทดลองในห้องปฏิบัติการ Lewin เริ่มต้นกับ “ที่นี้และขณะนี้” (here-and – now) ของประสบการณ์บุคคลในการเลือกสรรค์ข้อมูลและการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์ข้อมูลต่างๆ เมื่อมีการวิเคราะห์และสรุปผลแล้วจะถูกป้อนกลับไปยังผู้ปฏิบัติเพื่อใช้ในการปรับปรุงพฤติกรรมและเลือกประสบการณ์ใหม่ การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจึงเป็นวงจร 4 ขั้นคือ ขั้นที่ 1 ประสบการณ์เชิงรูปธรรม ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสังเกตและการสะท้อน ขั้นที่ 2 คือ การสังเกตและการสะท้อน เป็นการสังเกตและการสะท้อนความรู้เพื่อเป็นมโนทัศน์ ขั้นที่ 3 คือ มโนทัศน์นามธรรม(Formation of abstract concepts and generalization) ขั้นนี้จะได้มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมพร้อมที่จะทำการทดสอบมโนทัศน์นั้นในทางปฏิบัติ ขั้นที่ 4 คือ การทดสอบมโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ (Testing implication of concepts in new situations) ขั้นนี้จะเป็นปฏิบัติเพื่อทดสอบความรู้หรือมโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่จากมโนทัศน์ที่ได้ ทั้ง 4 ขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 2.2 Lewin ยังกล่าวถึงความผิดพลาดของบุคคลหรือองค์การมาจากความไม่สมดุลของขั้วระหว่างการสังเกตและการสะท้อน และ การทดสอบมโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ (Kolb, 1984)

Kolb มีทัศนะและมุมมองต่อการเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งได้สันนิษฐานว่า การเรียนรู้ของคนส่วนใหญ่มีแนวทางที่แน่นอนสำหรับการพัฒนา และแต่ละคนเป็นผู้เรียนที่มีการพัฒนาบนเส้นทางของตนเอง งานวิจัยของ Kolb แสดงให้เห็นสไตล์ (styles) การเรียนรู้ที่มีอิทธิพลต่อบุคคล การศึกษา อาชีพ บทบาทในการทำงานและการกระทำกิจกรรม นิยามการเรียนรู้ในมุมมองของ Kolb หมายถึง กระบวนการที่ความรู้เกิดจากการสร้างสรรค์ผ่านการปรับเปลี่ยนประสบการณ์ ความรู้เป็นผลมาจากการรวมกัน (combination) ของความเข้าใจ (grasping) ของประสบการณ์ซึ่งคือ แกน y ในภาพที่ 2.1 และการปรับเปลี่ยน (transforming) ซึ่งคือ แกน x นอกจากนั้นยังมีขั้วตรงข้ามของความเข้าใจคือ ความเข้าใจที่เป็นรูปธรรม (apprehension) และ ความเข้าใจที่เป็นนามธรรม (comprehension) และขั้วตรงข้ามของ การปรับเปลี่ยนคือ ภายนอก (extention) และภายใน (intention) จึงทำให้เกิด 4 องค์ประกอบสำหรับสไตล์การเรียนรู้ของบุคคลได้แก่ 1) ความเข้าใจของประสบการณ์ผ่านรูปธรรม และ การปรับเปลี่ยนผ่านภายใน ซึ่งทำให้เกิดผลลัพธ์ระหว่างขั้วเรียกว่า แบบอเนกนัย (divergent type) 2) ความเข้าใจของประสบการณ์ผ่านความเข้าใจนามธรรม และ การปรับเปลี่ยนผ่านภายใน ซึ่งทำให้เกิดผลลัพธ์ระหว่างขั้วเรียกว่า แบบซึมซับ (assimilative type) 3) ความเข้าใจของประสบการณ์ผ่านความเข้าใจนามธรรม และ การปรับเปลี่ยนผ่านภายนอก ซึ่งทำให้เกิดผลลัพธ์ระหว่างขั้วเรียกว่า แบบเอกนัย (convergent type) 4) ความเข้าใจของประสบการณ์ผ่านความเข้าใจรูปธรรมและการปรับเปลี่ยนผ่าน ภายนอก ซึ่งผลลัพธ์ระหว่างขั้วเรียกว่าความรู้แบบปฏิบัติ (execcutive type) ซึ่งจะทำให้เกิดบล็อกของการพัฒนาระดับสูงขึ้นสำหรับความรู้ (Kolb, 1984)



ภาพที่ 2.2 แสดงแนวคิดของ Lewin, Dewey และ Kolb
ที่มา: Kolb (1984)

จากมุมมองและทัศนะคติต่อการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Dewey, Lewin และ Kolb สามารถสรุปเป็นภาพความคิดดังภาพที่ 2.2

สรุปแนวคิดของกลุ่มการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่อธิบายถึงความรู้คือ ประสบการณ์เน้นการปรับประสบการณ์เก่าหรือความเชื่อเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่ ให้ความสำคัญที่ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (learning by doing) เน้นที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (creation) ความรู้ใหม่ การเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการและแนวคิดของการเชื่อว่า บุคคลมีวิถีการเรียนรู้ที่แน่นอนและเป็นของตนเอง ความรู้เกิดจากขั้วของรูปธรรมและนามธรรม และจาก

นามธรรมไปยังรูปธรรม ซึ่งใช้กระบวนการความเข้าใจประสบการณ์และการปรับเปลี่ยนประสบการณ์

การเรียนรู้โดยการทำโครงงาน

Dewey ได้นำเสนอ การเรียนรู้โดยผู้เรียนลงมือกระทำ (Learning by doing) แนวคิดนี้เชื่อว่านักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากประสบการณ์และการลงมือกระทำกิจกรรมที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล และยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้โดยโครงงานเริ่มต้นในปี ค.ศ.1900 ในอเมริกา (Grant, 2002)

ในปัจจุบันได้มีการนำการทำโครงงานมาใช้กับการศึกษา โดยมีการให้นิยามหรือความหมายที่แตกต่างกันอย่างหลากหลาย เช่น Buck Institute for Education (1999) ได้ให้ความหมายของการทำโครงงานไว้ว่า เป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมในห้องเรียนที่มีการปรับเปลี่ยนจากการเรียนที่ทำการปฏิบัติในระยะสั้นๆ แบ่งแยกเนื้อหา ยึดครูเป็นศูนย์กลาง ไปเป็นการเรียนรู้ที่จัดกิจกรรมเป็นเวลายาวนาน ใช้ความรู้หลากหลายวิชายึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และมีการประยุกต์สิ่งที่เรียนรู้เข้าสู่โลกของความเป็นจริง ส่วน INTEC (1997) กล่าวว่านิยามที่ดีที่สุดของการเรียนรู้โดยทำโครงงาน คือ การเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการสืบสวนสอบสวนอย่างกว้างขวาง (extended inquiry) ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเลือกหัวข้อที่มีความสัมพันธ์กับหลักสูตรที่โรงเรียนกำหนดไว้ การสืบสวนสอบสวนสามารถครอบคลุมเนื้อหาส่วนใหญ่ของหลักสูตรหรืออาจจะกำหนดให้ทำโครงงานเพียง 2 วันต่อสัปดาห์ตลอดภาคเรียนก็ได้

Grant (2002) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้โดยการทำโครงงานว่า เป็นวิธีการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยที่ผู้เรียนและผู้สอนมีการวางแผนบทเรียนและตั้งวัตถุประสงค์ด้วยกัน ซึ่งการเรียนรู้แบบนี้ จะมีการสืบสอบ (investigation) อย่างลึกซึ้ง โดยที่ผู้เรียนสร้างชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีความหมายต่อตนเองแสดงออกถึงสิ่งที่เขาได้เรียนรู้ มีความอิสระในการเรียนรู้ สามารถปรับแต่งชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์ให้เหมาะสมและน่าสนใจสำหรับตัวผู้เรียนเอง Blumenfeld และคณะ (1991) ได้ให้ความหมายของการทำโครงงานไว้ว่าเป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการสืบสอบหาความรู้ ซึ่งในกรอบนี้นักเรียนจะต้องดำเนินการแก้ปัญหาที่สำคัญโดยมีการซักถาม การโต้แย้งความคิด การสร้างคำพยากรณ์ การวางแผนงาน การทดลอง การเก็บรวบรวม

ข้อมูลและการเขียนรายงานสรุปผล การสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดและข้อค้นพบกับบุคคลอื่น การถามคำถามใหม่ๆ และการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ เช่น โมเดล รายงาน วีดีทัศน์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ซึ่งโครงการจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการ คือ คำถามหรือปัญหาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้และผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากการทำกิจกรรม เช่น สิ่งประดิษฐ์หรือผลผลิตที่สนองตอบต่อปัญหาที่ตั้งไว้ The Challenge 2000 Multimedia Project (2001) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยทำโครงงานเป็นยุทธศาสตร์ของการสอนแบบหนึ่งซึ่งมุ่งหมายให้นักเรียนได้สัมพันธ์กับสภาพจริง ใช้กิจกรรมที่เป็นจริงช่วยเสริมการเรียนรู้ นักเรียนจะได้รับโครงการหรือปัญหาซึ่งสามารถใช้วิธีการในการแก้ปัญหาหรือแสวงหาคำตอบได้หลายทาง นอกจากนี้การทำโครงการยังยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ โดยที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยอำนวยความสะดวกหรือให้คำแนะนำ นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการกระตุ้นให้ใช้แหล่งข้อมูลจากหลายแหล่งและการประเมินผลจะเน้นการประเมินผลตามสภาพจริงและการประเมินผลจากการปฏิบัติ

โดยสรุปความหมายของการทำโครงงานที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่าการทำโครงงานจะต้องมีส่วนที่สัมพันธ์กับสิ่งต่อไปนี้ คือ

1. ครูต้องหาวิธีการกระตุ้นให้เกิดข้อคำถามหรือปัญหาที่สำคัญจากนักเรียนและต้องเป็นสิ่งที่สัมพันธ์กับหลักสูตรของโรงเรียน

2. บทบาทของครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำ ผู้อำนวยความสะดวกหรือเป็นที่ปรึกษา

3. นักเรียนจะต้องมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นจากปัญหาที่ตั้งขึ้น และนักเรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้จากการนำเสนอชิ้นงานที่เป็นผลผลิตของตนเอง

4. เมื่อสิ้นสุดการทำโครงงานจะต้องได้ผลผลิตที่เป็นรายงานหรือข้อสรุปจากกระบวนการสืบสวนสอบสวนในปัญหานั้นๆ

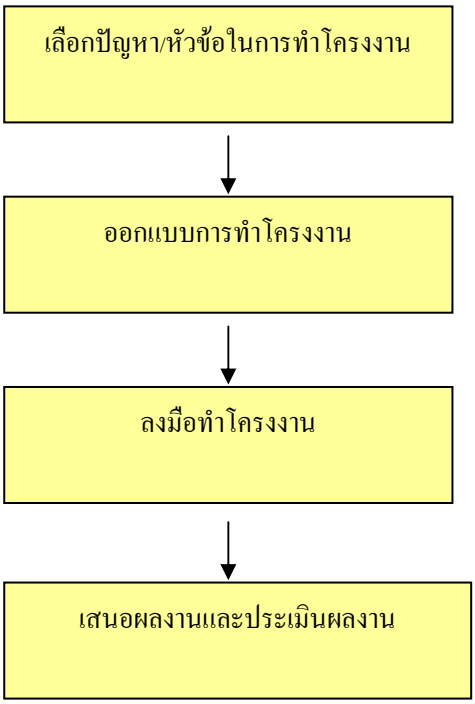
รูปแบบของการทำโครงงาน

Tucker (1998) อาจารย์ผู้สอนวิชา ETC 567:Technology Society & Education ของ Nothern Arizona University ได้สร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เป็น Constructionist Model โดยตั้งชื่อว่า The Process of Creation ซึ่งมีรูปแบบขั้นตอนดังนี้

1. เลือกปัญหาหรือหัวข้อ
2. ขั้นออกแบบการทำโครงงาน
3. ขั้นลงมือทำโครงงาน
4. ขั้นเสนอผลงานและประเมินโครงงาน (ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ, 2547)

ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ (2547) ได้เสนอรูปแบบการสร้างโครงงานจากการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องปรากฏการณ์คลื่นด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบความรู้เดิมและให้ความรู้พื้นฐาน
2. เลือกปัญหา/หัวข้อการทำโครงงาน
3. ขั้นการออกแบบการทำโครงงาน
4. ขั้นลงมือทำโครงงาน
5. เสนอผลงานและประเมินโครงงาน (ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ, 2547)



ภาพที่ 2.3 แสดงภาพรวมขั้นตอนการเรียนรู้โดยโครงงาน

สรุปการเรียนรู้โดยโครงงานมีแนวคิดจากการที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากประสบการณ์และการลงมือกระทำกิจกรรม โดยอาศัยการปฏิสัมพันธ์ของสังคม ซึ่งการเรียนรู้โดยโครงงานมีองค์ประกอบคือ 1) สภาพแวดล้อมที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง 2) การเรียนรู้ร่วมกัน 3) เนื้อหาเป็นไปตามหลักสูตร 4) กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามสภาพจริง 5) รูปแบบการนำเสนอที่หลากหลาย 6) การจัดสรรเวลา 7) การประเมินโดยวิธีการใหม่ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเรียนรู้โดยโครงงานและอีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญคือขั้นตอนกิจกรรมการสร้างโครงงานโดยภาพรวมประกอบด้วย 1) เลือกปัญหา/หัวข้อในการทำโครงงาน 2) ออกแบบการทำโครงงาน 3) ลงมือการทำโครงงาน 4) เสนอผลงานและประเมินผลงาน แสดงภาพรวมดังภาพที่ 2.3

เทคโนโลยีการเรียนรู้

ในทศวรรษที่ผ่านมามีเทคโนโลยีมากมายสนับสนุนการเรียนรู้ และมีอิทธิพลมากสำหรับบ่มนักวิจัยทางด้านคอนสตรักชันนิส (constructionist) โดยเฉพาะกลุ่มวิจัยที่ MIT Media Lab ได้พัฒนาหาเทคโนโลยีใหม่สำหรับเด็กซึ่งเรียกว่า Digital Manipulatives และยกระดับการเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว (embedded computer) และการจำลอง (simulation) ต่างๆ ในการเรียนรู้ใหม่ กลุ่มวิจัยนี้ยังได้ตั้งความหวังในอนาคตที่จะให้มีเทคโนโลยีใหม่ๆ การประยุกต์ใช้งานใหม่ๆ และการเรียนรู้แบบใหม่ เพราะการประยุกต์แนวคิดในวิถีทางใหม่สามารถนำมาซึ่งเทคโนโลยีใหม่ได้ ส่วนอีกแนวคิดหนึ่งเป็นแนวคิดที่พยายามที่จะติดต่อกับข้อมูลข่าวสารในโลกดิจิตอลโดยการสัมผัสและรู้สึกได้ที่เรียกว่า Tangible Interface ซึ่งเป็นแนวคิดของ Hiroshi Ishii ที่ได้นำเสนอและเป็นผู้บุกเบิกแนวคิดนี้ (Zuckerman and Resnick, 2003)

การพัฒนาการของแนวคิด Digital Manipulatives และ Tangible Interface

Manipulatives เป็นแนวคิดที่ช่วยให้เด็กเรียนรู้มโนทัศน์ที่เป็นนามธรรมผ่านการลงมือทำที่สามารถใช้เพื่อแสดงหรือแทนรูปแบบของปัญหา สถานการณ์ หรือ การพัฒนามโนทัศน์ทางด้านคณิตศาสตร์ Digital Manipulatives ช่วยให้เกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ แต่ได้เพิ่มเติมโดยการฝังชิพคอมพิวเตอร์เข้าไปในวัตถุ เพื่อที่จะทำให้เกิดมโนทัศน์ที่ชัดเจน และสามารถควบคุมการสั่งการได้ ถ้ามโนทัศน์ของ Manipulatives ในอดีตคือ ตัวเลข รูปเหลี่ยม สี พื้นที่ พื้นผิว เมื่อกลายเป็น Digital Manipulatives จะเป็นพลังงาน ความเร็ว สังคมเครือข่าย การป้อนกลับและการควบคุมการติดต่อสื่อสาร ความแตกต่างของเรขาคณิตและพฤติกรรมของระบบควบคุม (Zukerman, 2004)

ในปี ค.ศ. 1998 Resnick และ นักวิจัยที่ Lifelong Kindergarten group ที่ MIT Media Lab ได้แนะนำชุด Digital Manipulatives ที่ยกระดับของเล่นในอดีตได้แก่ ลูกปัด ลูกบอล และเหรียญ ได้ให้เด็กได้สำรวจแนวคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ของเด็กและผู้ใหญ่ก็มีลักษณะเหมือนกัน ยกตัวอย่างโปรแกรมลูกปัดจะทำให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ระบบพลวัตรของรูปแบบการเคลื่อนไหวไฟและกระบวนการเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นแล้วแต่จะจิตนาการ ส่วนลูกบอลเป็นโปรแกรมลูกบอลที่ภายใน บรรจุด้วยชิพคอมพิวเตอร์และเซ็นเซอร์ความเร็วเพื่อใช้วัดความเร็วในเวลาที่แตกต่างกัน ภายในลูกบอลสามารถแสดง เสียงและแสงได้ เด็กสามารถเปลี่ยนแปลงโปรแกรมลูกบอลด้วยตนเอง ในกระบวนการเล่นและโปรแกรมเด็กสามารถเรียนรู้

เกี่ยวกับมโนทัศน์ สำหรับการเล่นในวิธีที่แตกต่างกัน Resnick ได้พบว่า กลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยก็สามารถใช้ลูกบอล (bit ball) ในการทดลองทางฟิสิกส์ในห้องเรียนเพื่อหาความเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวิถีโค้ง และสามารถเข้าใจความเร็วของวัตถุในอากาศได้ (Resnick, 1998)

ส่วนกลุ่ม Tangible Media ที่สถาบัน MIT ได้เป็นผู้บุกเบิกเมื่อปี ค.ศ. 1997 เป็นนวัตกรรมการเชื่อมต่อกับโลกดิจิตอล ที่เรียกว่า Tangible Interfaces สำหรับเด็กและผู้ใหญ่ ในจินตนาการของ Ishii ซึ่งเป็นผู้จุดประกายแนวคิดนี้ และเขาให้ชื่อว่า Tangible Bits Ishii เป็นผู้ที่เน้นย้ำว่า มนุษย์มีความเชี่ยวชาญ ทักษะการสัมผัส และ กระทำกับวัตถุรอบๆ ตัวมากกว่าการสำรวจโดยคอมพิวเตอร์แบบ GUI (Graphical User Interfaces) เช่น คีย์บอร์ดและเมาส์กลุ่มของ Ishii มีวัตถุประสงค์ที่จะเชื่อมต่อโลกดิจิตอลกับโลกของอะตอมให้เข้ากันอย่างกลมกลืนให้ได้ (Ullmer, 2002) ทั้งสองแนวคิดช่วยทำให้เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ มากขึ้น วัตถุช่วยคิดที่ Papert คิดขึ้นมาครั้งแรกคือ ภาษาโลโก (logo) ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้เด็กเรียนรู้เกี่ยวกับ แนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์ และหลังจากนั้นมีการพัฒนาวัตถุช่วยคิดอีกจำนวนมากดังต่อไปนี้

เลโกโลโกบล็อก

ในปี ค.ศ. 1985 Seymour Papert, Steve Ocko และ Mitchel Resnick ได้สร้างแนวคิดใหม่ โดยที่ ทั้งสามคนได้สร้างชุด Construction set สำหรับให้เด็กได้เล่น และ สร้างตามความคิดของเด็ก โดยที่ทั้งสามคนต้องการโดยมีเงื่อนไขว่าเด็กจะต้องมีความสามารถที่จะโปรแกรม และควบคุมสิ่งที่เขาสร้าง เด็กไม่ใช่เฉพาะออกแบบโครงสร้างและกลไกเท่านั้น แต่เด็กจะต้องสามารถเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมมันได้ด้วย ดังนั้นทั้งสามจึงร่วมมือกับบริษัท LEGO Toy ในการผลิต LEGO brick และทำการเชื่อมต่อ ภาษาโลโกเข้ากับชุด LEGO brick ซึ่งเรียกว่า เลโกโลโก ภาษาโลโก พัฒนาในปี ค.ศ. 1960 เป็นโปรแกรมภาษาสำหรับเด็ก (Papert, 1980) โดยใช้เต่าเป็นตัวแทนที่จะแสดงความคิดออกมา LEGO Block เป็นรูปแบบใหม่ที่พัฒนาต่อจาก LEGO brick เพิ่ม Construction set มากขึ้น และภาษาที่ใช้ จะเป็นภาษา Logo Block การใช้งานและการนำไปใช้เหมือนเดิม (Resnick, 1992) การพัฒนาชุดอุปกรณ์สำหรับการสร้าง (Construction kits) มีการพัฒนาใน 3 ระยะคือ 1) บล็อกสำหรับการสร้าง ซึ่งเด็กสามารถที่จะนำบล็อกไปใช้ในการสร้างบ้าน สะพาน ปราสาท ฯลฯ ซึ่งเป็นการเล่นกับแนวคิดทางด้านของสถาปัตยกรรมก่อสร้าง 2) ชุดเฟืองสำหรับการสร้าง ในระยะนี้เป็นการพัฒนาให้เด็กสามารถพัฒนาแนวคิดสำหรับการสร้างกลไกต่างๆ ของเครื่องจักรกล และ 3) กลุ่มวิจัยที่ MIT Media Lab ได้พัฒนา เลโกโลโก ซึ่งเป็นการศึกษา

พฤติกรรมของสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งในระยะนี้ เด็กจะสามารถสร้างหุ่นยนต์และสิ่งต่างๆ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของสิ่งเหล่านั้นได้ (Resnick, 1993) ในการสร้างเลโกโลโก มีเป้าหมายที่จะให้เด็กเข้าใจเกี่ยวกับกับมโนทัศน์ของ ระบบป้อนกลับและการควบคุม อีกทั้งพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เข้าใจในปรากฏการณ์ของสิ่งที่ปรากฏ (emergent phenomena) (Zuckerman, 2007).

อิเล็กทรอนิกส์บล็อก

อิเล็กทรอนิกส์บล็อก (electronics block) พัฒนาโดย Wyeth (2003) โดยแนวคิดของอิเล็กทรอนิกส์บล็อก เป็นการจัดทำบล็อกที่ภายในเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถวางต่อซ้อนกันได้ โดยจะทำให้เด็กเกิดแนวคิดเกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแต่ละบล็อกมีความสามารถและหน้าที่ที่ต่างกัน โดยบล็อกจะเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์บล็อก บนฐานความเชื่อที่ว่า วิธีที่จะขยายความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง จะต้องสร้างสรรค์มัน อิเล็กทรอนิกส์บล็อก สามารถสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์โปรแกรม (programmable artefacts) และสังเกตผลของพฤติกรรมแบบพลวัตร (dynamic behaviours) ในการพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์บล็อกมี 2 เป้าหมายคือ พัฒนาและสร้างสรรค์แหล่งเรียนรู้ทางเทคโนโลยีสำหรับเด็ก สร้างสรรค์แหล่งเรียนรู้แบบ พลวัตรสำหรับการเข้าใจแนวคิดในการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป้าหมายแรกของอิเล็กทรอนิกส์บล็อก จะเน้นไปที่การแนะนำเทคโนโลยีสำหรับเด็กในการพัฒนาโอกาส และแนวคิด เด็กรู้ได้อย่างไรกับการเล่นกับวัตถุ เขาสำรวจอย่างไร กระทำกับวัตถุอย่างไร อิเล็กทรอนิกส์บล็อก ออกแบบและสร้างสรรค์กิจกรรมที่ทำให้เด็กเข้าถึงการเล่นกับวัตถุ เป้าหมายที่สอง คือ การสร้างสรรค์แหล่งเรียนรู้ที่เป็นพลวัตร และการโปรแกรมที่ซับซ้อน อิเล็กทรอนิกส์บล็อกออกแบบให้เด็กมีกิจกรรมปฏิสัมพันธ์กับการโปรแกรมกิจกรรม ซึ่งคือสภาพจริง เด็กเกิดแนวคิดเกี่ยวกับการโปรแกรม และ ควบคุม โดยจัดกระทำและถ่ายโยงไปยังวัตถุจริง อิเล็กทรอนิกส์บล็อกประกอบไปด้วยบล็อก 3 กลุ่มด้วยกัน คือ

1. บล็อกเซ็นเซอร์ (sensor block) ประกอบไปด้วย บล็อกการเห็น (seeing block) บล็อกสัมผัส(touch block) บล็อกการได้ยิน(hearing block) ซึ่งบล็อกเหล่านี้จะสามารถตรวจจับแสง การสัมผัสและ เสียง

2. บล็อกกระทำ (action block) ประกอบด้วย บล็อกแสง (light block) บล็อกเสียง (sound block) บล็อกการเคลื่อนที่ (movment block)

3. บล็อกตรรกะ (logic block) บล็อกตรรกะเป็นบล็อกที่คั่นกลางระหว่างเซ็นเซอร์บล็อก และ บล็อกกระทำ มีหน้าที่ในการตั้งเงื่อนไขคล้ายกับคำสั่งเงื่อนไขในคอมพิวเตอร์

อิเล็กทรอนิกส์บล็อกถูกออกแบบให้ง่ายสำหรับการใช้ และสามารถทำให้เด็กเข้าใจพฤติกรรมต่างๆ เขาอาจสร้างบล็อกที่ตอบสนองเมื่อเขาพูด หรือเมื่อเขาสัมผัส และสามารถเพิ่มเงื่อนไขให้ซับซ้อนขึ้นได้โดยการเพิ่ม บล็อกตรรกะ ซึ่งจะทำให้เกิดความหลากหลายในการกระทำ (Wyeth and Wyeth, 2003)

โฟลบล็อก

จุดประสงค์ของการสร้างโพลบล็อก (Flow block) คือ ต้องการให้เด็กมีความสามารถจัดการโครงสร้างมโนทัศน์ของกระบวนการพลวัตร (dynamic process) การออกแบบระบบนี้ต้องการให้ระบบเติบโตไปกับเด็กในขั้นที่สูงขึ้น การออกแบบเพื่อการจำลองแนวความคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการนับ ความน่าจะเป็น การวนลูป และการแตกแขนง (Branching)โพลบล็อกประกอบไปด้วยบล็อกจำนวน 4 ชนิดด้วยกันคือ

1. บล็อกทางเดิน (paths block) เป็นบล็อกที่เชื่อมต่อกับบล็อกอื่นๆ โดยแม่เหล็ก และมีแสงแสดงกระบวนการไหล (Flow) ซึ่งเป็นแบบพลวัตรที่เคลื่อนย้ายจากทางเดินหนึ่งไปยังกระบวนการต่อไป

2. บล็อกสิ่งที่ให้กำเนิด (generator block) เป็นบล็อกพลังงานให้กับบล็อกอื่นๆ และยังมีสวิสต์เริ่มต้นทดสอบกระบวนการด้วย

3. บล็อกบทบาท (rules block) เป็นบล็อกเล็กๆ ที่สามารถเสียบเข้าไปใน Paths block เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงภายในระบบ เช่น Rules block สามารถทำให้แสงเดินเร็วหรือช้าได้

4. บล็อกเครื่องมือวัด (probes block) เป็นบล็อกที่แสดงดังเช่น การนับจำนวนแต่ละครั้งของกระบวนการที่ผ่านไป

เด็กสามารถต่อบล็อกแล้วดูผลที่เกิดขึ้น สามารถจำลองรูปแบบที่หลากหลาย การศึกษาและการใช้โพลบล็อกจะกระทำโดยดูกิจกรรมดังนี้

1. การสร้างลำดับการเปลี่ยนความเร็วที่หลากหลาย
2. รูปแบบลูปและการเพิ่มความเร็ว
3. ใช้ทางตรงและทางแยกจัดลำดับอย่างไร
4. ใช้ เครื่องมือวัดและนับตรงจุดไหน
5. การโต้ตอบกับโพลบล็อกมีลักษณะอย่างไร (Zuckerman et al, 2005)

หลักการในการออกแบบการสร้าง Construction kit

ในการออกแบบ วัตถุช่วยคิด ผู้วิจัยได้ยึดหลักการในการออกแบบการสร้าง Construction kit ตามแนวคิดของ Resnick เป็นแนวทางในการออกแบบ ดังนี้

1. การออกแบบ จะต้องออกแบบสำหรับนักออกแบบใช้งาน

2. การออกแบบจะต้อง ง่ายในการใช้ ใช้ได้หลากหลายและ มีความเพียงพอที่จะให้นักเรียนค้นหาวิถีทางใหม่ที่สามารถใช้ได้ด้วยตนเอง

3. การออกแบบจะต้องช่วยให้ผู้เรียนสำรวจและเข้าใจ Powerful ideas

4. การออกแบบจะต้องสนับสนุนหลากหลายแนวทางและหลายสไตล์

5. การออกแบบจะต้องง่ายในการนำไปใช้งานหรือนำไปสร้างสิ่งต่าง

6. การออกแบบจะต้องกำหนดบล็อกอย่างระมัดระวังว่าต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้อะไร ต้องคิดถึงผู้เรียนจะสามารถใช้สำรวจอะไร อะไรคือแนวคิดที่ซ้อนอยู่จากมุมมองที่จะสำรวจ เช่น Programmable bricks เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อ ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ กลไกต่างๆ เกียร์ และเกี่ยวกับระบบควบคุม และป้อนกลับ

7. การสร้างโปรแกรมจะต้องเป็นโปรแกรมที่ง่ายๆ และสั้น

8. การออกแบบจะต้องให้อะไรที่ผู้เรียนต้องการไม่ใช่ถามว่าผู้เรียนต้องการอะไร

9. การออกแบบผู้ออกแบบต้องสนุกที่จะใช้มันด้วยตัวผู้ออกแบบเองเพราะไม่ควรนำสิ่งที่ผู้ออกแบบไม่ชอบไปให้คนอื่นๆ ใช้

10. การออกแบบจะต้องกระทำซ้ำเพื่อให้ได้รูปแบบที่ดีในตอนเริ่มต้นไม่ต้องการให้มันสมบูรณ์แบบถ้าสมบูรณ์แบบแต่ดีสำหรับออกแบบและผู้ใช้มัน เพราะถ้าสมบูรณ์แบบจะจำกัดแนวคิดในการสร้างรูปแบบใหม่ต่อไป (Resnick, 2006)

สรุปเทคโนโลยีการเรียนรู้ที่พัฒนาจากสถาบันเทคโนโลยีแมสซาซูเซส (MIT) วัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้เป็นวัตถุช่วยคิด ที่ช่วยให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์นำวัตถุเหล่านั้นไปสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อให้เกิดความเข้าใจด้วยตนเอง นำไปสร้างสิ่งต่างๆ ตามจินตนาการ ทำให้เด็กเกิดความคุ้นเคยกับสิ่งที่เขาสร้างกระบวนการและวิธีคิดเหล่านั้นจะเติบโตไปพร้อมกับความเจริญเติบโตทางด้านสติปัญญาของเขาเอง Digital Manipulation และ Tangible Interface เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการสร้างและพัฒนาความคิดที่มีพลังและเรียนรู้เข้าใจผ่านสิ่งเหล่านี้ วัตถุที่เป็นเทคโนโลยีนี้ Papert เรียกว่า วัตถุช่วยคิดแสดงให้เห็นความพยายามที่จะสร้างวัตถุช่วยคิดในการเข้าใจในระบบหรือสิ่งต่างๆ เพื่อทำให้ง่ายและเป็นรูปธรรม และทำให้เห็นแนวทางในการนำไปสร้างสรรค์ในฐานะผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยี แต่วัตถุช่วยคิดไม่ง่ายที่จะสร้างขึ้นมาโดยเฉพาะความรู้ที่มีความซับซ้อนมากๆ

การเรียนรู้มโนทัศน์

มโนทัศน์เกี่ยวข้องกับกรอบความคิด หรือกระบวนการทางสมองของมนุษย์ในการจัดประเภทของสิ่งต่างๆหรือเรื่องต่างๆ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติภายนอก ประโยชน์ใช้สอยหรือคุณสมบัติภายในที่สามารถตระหนักรู้ได้(Novak and Gowin, 1984; Jahnke, 1998 อ้างใน สุมิตรา ด่านพานิชย์, 2550) Vinacke (1952); Gagne and Briggs (1974 อ้างใน สุมิตรา ด่านพานิชย์, 2550) มีความเห็นว่ามโนทัศน์ คือ ระบบการตอบสนองที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะประมวลและแปลความหมายข้อมูลที่เกิดจากสัมผัสประสบการณ์ในอดีตจะถูกนำไปประยุกต์กับสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

มโนทัศน์ตามแนวคิดของ ประเวศ วะสี

นายแพทย์ ประเวศ วะสี มีทัศนะต่อการศึกษาตั้งแต่อนุบาลถึงมหาวิทยาลัย เป็นการศึกษาแบบถ่ายทอดเนื้อหา แต่ยังไปไม่ถึงปัญญา เรื่องเกี่ยวกับความรู้หรือ Knowledge ความรู้นั้นจะต้องเป็นเรื่องของความจริงขยายความก็คือ ความจริงเป็นสิ่งที่พิสูจน์มาแล้วคนเห็นได้ทั่วไปจริงกับสถานการณ์ ท้องที่ กาลเวลา ความรู้นี้อาจจะเป็นเฉพาะเรื่องเช่น เรื่องต้นไม้ สัตว์ วิทยาศาสตร์ว่าเป็นเรื่องๆ ไป ถัดขึ้นมาอีก คือเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ ทำให้เราเข้าใจดีขึ้น ไม่เข้าใจอะไรเป็นส่วนๆ อาจจะเรียกว่าเป็นปัญญาหรือ wisdom ซึ่งแปลว่า “เห็น” อะไรที่เชื่อมโยงกันบางคนเรียกภูมิปัญญาซึ่งคำพูดเหล่านี้จะใช้ไม่เหมือนกัน แล้วแต่จะใช้ ในที่นี้หมายถึงความรู้หลังจากเชื่อมโยงเกิดปัญญารู้จนกระทั้งเปลี่ยนจิตสำนึก ไม่รู้สักแต่ว่ารู้ เช่น รู้เรื่องนั้น เรื่องนี้ แต่ยังไม่เอามาพัฒนาตนเอง การเรียนรู้ของเราไปไม่ถึงความรู้ เพราะเรียนแต่เนื้อหา เช่น เนื้อหาเอามาจากยุโรป เอามาจากตำรา ถ่ายทอดกันต่อๆ ไป จนมาไม่ถึงตัว Knowledge ที่บอกว่าเป็นความจริงที่พิสูจน์กันได้ เพราะฉะนั้นจึงทำให้เกิดความอ่อนแอ ขาดภูมิคุ้มกัน การเรียนการสอนแทนที่จะไปสั่งยัดความรู้ให้เด็ก ซึ่งเป็นความเจ็บปวดมากสำหรับผู้เรียน จะเห็นว่าเด็กๆ เรียนหนังสือกันด้วยความเจ็บปวดเพราะยัดแต่เนื้อหาของตำราเข้าไป ให้เด็กท่องจำให้หมด บางที่ไม่รู้ว่าท่องจำไปทำไมแต่ครูให้ท่องเด็กปัจจุบันกลายเป็นเด็กที่ไม่รู้จักตั้งคำถามอะไรต่ออะไร หรือไม่เห็นความเชื่อมโยง เอาแต่ท่องเป็นดุ้นๆ เหมือนเอาก้อนหินใส่หัว ใส่แล้วมันก็หนักและยังเป็นก้อนอยู่ ส่วนเรื่องของมโนทัศน์ ประเวศ วะสี ได้ให้ความหมายถึง การเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ แล้วทำให้เราเห็นว่าอะไรเป็นอะไร ที่เรียนกันเห็นแต่สิ่งเดี่ยวๆ การมองเห็นความเชื่อมโยง ดิน ไส้เดือน ต้นไม้ สัตว์ มนุษย์มีความเชื่อมโยงกันอย่างไร ถ้ามองเห็นก็จะเกิดความเข้าใจ มนุษย์มักยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง การไม่เห็นอะไรแยกเป็นส่วนๆ จะทำให้เห็นว่ามนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของการเป็นระบบ ซึ่งนี้คือมโนทัศน์เกี่ยวกับธรรมชาติและสัตว์ (ทิศนา แขมณี, 2545)

สรุปแนวคิดของ ประเวศ วะสี เกี่ยวกับมโนทัศน์ ประเวศ วะสี ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่หมายถึง การเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ แล้วทำให้เราเห็นว่าอะไรเป็นอะไร

มโนทัศน์ตามแนวคิดของ Novak and Gowin

Novak และ Godwin มีมุมมองต่อการเรียนรู้ หมายถึง การเรียนรู้ของมนุษย์จะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่มีความหมายสำหรับประสบการณ์ Novak และ Godwin ทั้งสองปฏิเสธการเรียนรู้ ที่หมายถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยให้ความเห็นว่าประสบการณ์ของมนุษย์ไม่ใช่เพียงการคิดและการกระทำเท่านั้น แต่ยังมีความรู้สึกด้วย ทั้งสามสิ่งนี้จะต้องไปด้วยกัน การคิด ความรู้สึกและการกระทำ ทั้งสามสิ่งจะแสดงให้เห็นถึงประสบการณ์ทางการศึกษา และการเปลี่ยนแปลงที่มีความหมายสำหรับประสบการณ์ ผ่านตั้งแต่ ทารก เด็กนักเรียน ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้เริ่มต้น Novak และ Godwin ได้สร้างเครื่องมือในการเรียนรู้ที่มีความหมายได้แก่ แผนผังมโนทัศน์ (Concept map) และ Vee diagramming โดยที่แผนผังมโนทัศน์เป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนและนักการศึกษามองเห็นการมีความหมาย (meanings) สำหรับเนื้อหาที่จะเรียนรู้ (Novak and Godwin, 1984) ส่วน Vee diagramming เป็นสิ่งช่วยนักเรียนและนักการศึกษาเจาะ (pentrate) เข้าไปในโครงสร้างและความหมายของความรู้เพื่อเขาเหล่านั้นจะได้เสาะแสวงหาความเข้าใจ

จากมุมมองความรู้เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นของ Novak และ Godwin การสร้างขึ้นของความรู้ใหม่เริ่มต้นจากการสังเกตของตัวเรา สำหรับเหตุการณ์ (event) หรือ วัตถุ (objects) ผ่านมโนทัศน์ที่พวกเรามีอยู่แล้ว โดยเหตุการณ์หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นหรือทำขึ้น เช่น แสงสว่าง คือเหตุการณ์ธรรมชาติ สงคราม การศึกษา การแยกอะตอม คือเหตุการณ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่วนวัตถุ หมายถึงสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่และสามารถสังเกตเห็น เช่น สุนัข ดวงดาว และมนุษย์ เป็นวัตถุที่ธรรมชาติสร้างขึ้น บ้าน โรงเรียน เครื่องปั้นดินเผา คือวัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้น ดังนั้นในการสร้างความรู้จะเห็นว่าจะเกี่ยวข้องทั้งจาก เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นและวัตถุที่ธรรมชาติสร้างขึ้นและมนุษย์สร้างขึ้น ความรู้ไม่ได้ค้นพบเหมือนกับทองหรือน้ำมัน แต่สร้างขึ้นคล้ายกับรถหรือปิรามิด Novak และ Godwin ได้นิยาม มโนทัศน์ ในฐานะที่เป็นการจัดระเบียบ (regularity) ในเหตุการณ์หรือวัตถุ เช่น มโนทัศน์ของ เก้าอี้คือ วัตถุที่มีขา มีที่นั่ง มีผนังพิงและใช้สำหรับนั่ง หรือมโนทัศน์ของลม คือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอากาศ แม้ว่าสัตว์อื่นๆ จะมีความเข้าใจสิ่งนี้เหมือนกันแต่มนุษย์พิเศษกว่าเพราะมนุษย์มีความสามารถในการสร้างสรรค์และการใช้ภาษาในการติดต่อสื่อสาร และมนุษย์สามารถเพิ่มเติมสิ่งต่างๆ ได้เช่น เด็กจะสามารถผสมผสานมโนทัศน์ของเขากับวัตถุและเหตุการณ์ได้ เขาต้องการ นม กลายเป็น นมฉัน และหลังจากนั้นเขาก็จะพูดว่า กรุณาให้นมฉันดื่มด้วย ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นมุมมองของการเกิดขึ้นและใช้มโนทัศน์ในการทำความเข้าใจและการสื่อสารกับคนอื่นๆ (Novak and Godwin, 1984, อ้างใน วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540)

สรุปแนวคิดของ Novak and Gowin ทั้งสองมีมุมมองต่อการเรียนรู้ที่ปฏิเสธการเรียนรู้ที่หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยให้ความเห็นว่า ประสบการณ์ของมนุษย์ไม่ใช่เพียงการคิดและการกระทำเท่านั้น แต่ยังมีความรู้สึกด้วย ทั้งสามสิ่งนี้จะต้องไปด้วยกัน และมีมุมมองต่อมโนทัศน์หมายถึง การจัดระเบียบของวัตถุหรือเหตุการณ์

มโนทัศน์ตามแนวคิดของ Papert

Papert ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้ที่ปราศจากการสอนหรือ Piagetian Learning โดยนำรูปแบบแนวคิดมาจากPiaget ที่มองเด็กในฐานะเป็นผู้สร้าง โครงสร้างทางสติปัญญาของเขา ดังนั้นผู้สร้างต้องการวัตถุที่เขาจะต้องสร้าง Papert มองเห็นปัจจัยที่ขาดแคลนไปสำหรับผู้สร้างคือวัตถุที่จะสร้างมโนทัศน์ง่ายๆ และเป็นรูปธรรม (concrete) Papert ได้กล่าวถึงการสร้างมโนทัศน์ว่าจะต้องลงมือทำ (making) หรือสร้าง (building) มันขึ้นมา แล้วจะทำให้เกิดการเรียนรู้มโนทัศน์นั้นอย่างลึกซึ้ง โดยพยายามหาวิธีการที่จะให้เด็กๆ ได้ใช้ความรู้ของเขาเหมือนกับ วิศวกรใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการออกแบบ นักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ค้นพบ หรือนายธนาคารใช้คณิตศาสตร์ในการคิดดอกเบี้ย Papert มองว่าเด็กขาดการใช้คณิตศาสตร์ในสภาพจริงในโรงเรียนไม่เหมือนกับ วิศวกร นักวิทยาศาสตร์ นายธนาคาร ที่ใช้คณิตศาสตร์ในสภาพจริง Papert จึงพยายามใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการสร้างสภาพจริงให้เด็กได้ใช้คณิตศาสตร์ โดยอาศัยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นพื้นที่ในการแสดงความรู้หรือสร้างมโนทัศน์ที่เป็นรูปธรรมและในสภาพที่ใช้งานจริง Papert ได้ยกตัวอย่างให้เห็นเป็นรูปธรรมในการสร้างมโนทัศน์คือการที่เด็กๆ เล่นกับเต่าพีชคณิต เพื่อสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และหลักการอื่นๆ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนอกจากมโนทัศน์ทางด้านคณิตศาสตร์แล้วยังมีความเข้าใจถึงความคิดที่มีพลังที่ Papert ใช้คำว่า Powerful Ideas เมื่อเด็กใช้เต่าพีชคณิตสร้างรูปสี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยม เด็กจะได้รับมโนทัศน์ทางด้านหลักการทางคณิตศาสตร์และหลักของการจัดลำดับชั้น นอกจากนั้นเด็กยังเรียนรู้ที่จะใช้แนวคิดที่มีพลังของ แนวคิดการจัดการเป็นลำดับชั้น แนวคิดการวางแผน และแนวคิดการแก้ปัญหา (debugging) Papert ให้ความสำคัญกับการสร้างสิ่งต่างๆ อย่างกระตือรือร้นและสิ่งที่สร้างหรือประดิษฐ์นั้นจะต้องมีความหมายต่อตนเองและผู้อื่นที่อยู่รอบๆ ข้างด้วย ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดขึ้นของมโนทัศน์ และยังเกิดความคิดที่มีพลังในการคิดสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ด้วย (Papert, 1980)

สรุปแนวคิดของ Papert ต่อมโนทัศน์ Papert ได้กล่าวถึงการสร้างมโนทัศน์ว่าจะต้องลงมือทำ(making) หรือ สร้าง (building) มันขึ้นมา แล้วจะทำให้เกิดการเรียนรู้มโนทัศน์นั้นอย่างลึกซึ้ง

จากแนวคิดในหลายๆ ท่านที่กล่าวข้างต้นจึงสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิด การรับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์และวัตถุของผู้เรียนโดยผู้เรียนสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงโดยอาศัยความรู้และทักษะเดิมที่มีอยู่และเข้าใจความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ เหล่านั้นโดยลงมือทำหรือสร้างสิ่งเหล่านั้นขึ้นมา

ทฤษฎีเกี่ยวกับการแก้ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายความหมายเกี่ยวกับปัญหา และการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

ปัญหาเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่บุคคลแต่ละคนต้องการบางสิ่งบางอย่างแต่ในขณะนั้นยังไม่รู้ว่าจะต้องทำอย่างไรเพื่อจะได้สิ่งที่ต้องการนั้น (Reys *et al.*, 1992)

ปัญหาคืองานที่แต่ละคนกำลังเผชิญและต้องการหรือปรารถนาที่จะหาวิธีการแก้ แต่ในเวลานั้นยังไม่มีวิธีการหรือขบวนการที่จะใช้ในการหาคำตอบ จึงต้องพยายามคิดหาวิธีการหาคำตอบ (Sorenson *et al.*, 1996)

ปัญหาคือ สถานการณ์ที่บุคคลกำลังเผชิญอยู่แต่ในขณะนั้นยังไม่มีวิธีการหาคำตอบ และบุคคลนั้นต้องการและการแก้ปัญหาเป็นแบบแผนหรือวิธีดำเนินการซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีความยากลำบาก หรือยุ่งยากหรืออยู่ในสภาวะที่พยายามตรวจสอบข้อมูลที่หามาได้ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปัญหา มีการสมมติฐานและมีการตรวจสอบสมมติฐานภายใต้การควบคุม มีการรวบรวม เก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ที่จะทดสอบสมมติฐานนั้นว่าเป็นจริงหรือไม่ (Good, 1973)

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่บุคคลต้องใช้ความรู้ ทักษะและความเข้าใจ เพื่อทำให้เกิดความพึงพอใจในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย กระบวนการแก้ปัญหาเริ่มจากการเผชิญกับจุดเริ่มต้นของปัญหา และสรุปเมื่อได้พบคำตอบแล้วพิจารณาด้วยความรอบคอบว่าคำตอบนั้นมีความสอดคล้องกับเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ (Krulik and Rudnick, 1993)

การแก้ปัญหาคือกระบวนการที่แต่ละบุคคลได้คิดลำดับขั้นตอนของแผนที่จะดำเนินการเกี่ยวกับคำถาม สถานการณ์ หรือเงื่อนไขที่ต้องการหาคำตอบ แต่ยังไม่มีคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาในขณะนั้น (Beyer, 1991)

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2540) กล่าวถึงการเรียนการสอนการแก้ปัญหาในทางวิทยาศาสตร์ว่าจะต้องให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยให้เหตุผลว่าการลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาถือว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ทั้งหมดของนักเรียน การแก้ปัญหาเป็นการสร้างความรู้และทักษะใหม่ โดยอาศัยความรู้และทักษะเดิมที่มีอยู่ก่อน กระบวนการแก้ปัญหาในเรื่องใดเรื่องหนึ่งมีความสำคัญ มากกว่าการรู้ในเรื่องนั้น ๆ การแก้ปัญหาเป็นการใช้ และเพิ่มความรู้ที่มีอยู่เดิมให้มากขึ้น เช่นเดียวกับการใช้และเพิ่มทักษะกระบวนการ และการลงมือปฏิบัติ การรู้ทักษะและแนวคิดต่างๆ อาจมีประโยชน์แต่ไม่เพียงพอที่จะรับประกันว่า นักเรียนจะเป็นผู้แก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ การแก้ปัญหาประกอบด้วยลำดับขั้นของการกระทำ แต่ถึงแม้ว่าการแก้ปัญหาจะมีลำดับขั้นตอนก็ตาม การแก้ปัญหาก็สามารถเริ่มต้นที่ขั้นตอนใดก็ได้

การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

การแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Dewey

แนวคิดของ Dewey มีมุมมองต่อการแก้ปัญหาโดยวิธีการคิด การครุ่นคิด อย่างเป็นกระบวนการดังนี้

1. แสดงปัญหา นักเรียนหรือครูจะต้องนำเสนอปัญหา

2. กำหนดปัญหา ระบุปัญหา โดยพิจารณาจากธรรมชาติของปัญหา และข้อจำกัดต่างๆ ของปัญหา

3. พัฒนาสมมุติฐาน ระบุความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

4. ทดสอบสมมุติฐาน กำหนดวิธีการแก้ปัญหาให้มีความยืดหยุ่น

5. เลือกสมมติฐานที่ดีที่สุด การกำหนดสมมติฐานที่ดีจะต้องคำนึงถึงจุดอ่อนและจุดแข็งของปัญหา (Bruning, Schraw and Ronning, 1999)

สรุปแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Dewey คือ การแก้ปัญหาโดยวิธีการคิด การครุ่นคิด อย่างเป็นกระบวนการ

การแก้ปัญหาตามแนวคิดวิทยาศาสตร์

วิธีการแก้ปัญหาเป็นการเน้นให้ผู้เรียนได้คิดเป็น วิธีการนี้อาจเรียกว่า วิธีแบบวิทยาศาสตร์ (scientific method) หรือวิธีการแห่งปัญญา (intectual) ในวิธีการนี้มีจุดเน้นอยู่ที่ให้นักเรียนคิดเป็น วิธีการแก้ปัญหาแห่งปัญญา ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหาให้ถูกต้อง
2. การตั้งสมมติฐาน
3. การทดลองและการเก็บข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. การสรุปผลและการนำไปใช้ (มังกร ทองสุขดี, 2532 อ้างใน พงษ์ศักดิ์ แป้นแก้ว, 2545)

สรุปแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดวิทยาศาสตร์คือ การเน้นให้นักเรียนคิดเป็นและลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง

การแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya

วิธีการแก้ปัญหาของ Polya ได้อธิบายถึงการแก้ปัญหาของคนส่วนมากมักจะพยายามแก้ปัญหาทั้งหมดในครั้งเดียว Polya ได้ประสบการณ์จากการสังเกตนักเรียนที่ล้มเหลวในการแก้ปัญหาพบว่า นักเรียนพยายามที่จะแก้ปัญหาทั้งหมดในครั้งเดียวและเขายังได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยการ แบ่งแยกปัญหาและพิชิตมัน นักเรียนจำนวนมากบ่อยครั้งล้มเหลวในการแก้ปัญหาเพราะว่า เขายืนยันที่จะพยายามแก้ปัญหาทั้งหมดในครั้งเดียว โดย Polya เสนอว่า เราควรแยกหรือแตกปัญหาไปเป็นส่วนๆ และแก้มันจากนั้นก็รวมมันเข้าด้วยกัน (Kaifai and Resnick, 1996) นอกจากนั้น Polya ยังได้เสนอวิธีการและขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยเขาได้อธิบายว่าการแก้ปัญหา

จำเป็นต้องสอนเป็นขั้นตอนและมีรายการหรือคำถามที่จะต้องตอบโดยได้นำเสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังนี้

1. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา (understanding the problem) ด้วยคำถามดังต่อไปนี้ อะไรที่ไม่รู้ อะไรคือข้อมูล อะไรคือเงื่อนไข เงื่อนไขอะไรที่เป็นไปได้ เงื่อนไขมีมากไปหรือน้อยไปหรือตรงข้ามกันหรือไม่ จากนั้นแบ่งแยกตัวแปรสำหรับเงื่อนไขเป็นส่วนๆ เท่าที่จะทำได้

2. วางแผนสำหรับการแก้ปัญหา (devising a plan) โดยการค้นหาการเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลและสิ่งที่ไม่รู้ ด้วยคำถามดังนี้ เคยเห็นปัญหานี้มาก่อนหรือไม่ หรือเคยเห็นปัญหาที่เหมือนกันแต่รูปแบบแตกต่างกันหรือไม่รู้ความสัมพันธ์ของปัญหาหรือไม่ ทราบทฤษฎีที่จะใช้หรือไม่ มองไปในสิ่งที่ไม่รู้ และพยายามคิดถึงปัญหาที่คุ้นเคยว่าเหมือนหรือไม่เหมือนในสิ่งที่ไม่รู้ ปัญหามีความสัมพันธ์กับสิ่งที่เคยแก้มาก่อนหรือไม่ สามารถใช้ผลของการแก้ปัญหาที่ผ่านมาได้หรือไม่ สามารถใช้วิธีการเดิมได้หรือไม่ เป็นต้น

3. นำแผนลงสู่การปฏิบัติ (carrying out the plan) โดยตรวจสอบแต่ละขั้นตอน ว่ามีความถูกต้องชัดเจนหรือไม่ สามารถพิสูจน์ให้เห็นจริงได้หรือไม่

4. มองย้อนกลับไป (looking back) สามารถตรวจสอบผลลัพธ์ได้หรือไม่ ผลลัพธ์มีความแตกต่างจากเป้าหมายหรือไม่สามารถใช้ผลลัพธ์และวิธีการนี้กับการแก้ปัญหาอื่นๆ ได้หรือไม่ (Polya, 1973)

สรุปแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Poya คือ การแก้ปัญหาโดยการแบ่งแยกปัญหาแล้วพิชิตมัน

การแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก

การแก้ปัญหาตามแนวคิดนี้จะใช้วิธีการลองผิดลองถูกซึ่งเป็นวิธีที่เราทุกคนได้มีโอกาสใช้ในการแก้ปัญหา โดยเราจะใช้วิธีการต่างๆ จนกระทั่งได้วิธีการแก้ปัญหานั้นได้ แต่การแก้ปัญหาโดยวิธีนี้ไม่แน่นอนว่าจะแก้ปัญหาได้และมักไม่มีประสิทธิภาพ อาจทำให้เสียเวลาโดยไม่ประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหาการแก้ปัญหาแบบนี้นับเป็นการแก้ปัญหาแบบแรกที่ใช้ในยุคของทฤษฎีพฤติกรรมนิยมและยังคงใช้มาจนถึงปัจจุบัน (พงษศักดิ์ แป้นแก้ว, 2545)

สรุปแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา คือ การใช้วิธีการลองผิดลองถูก

การแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Papert

การแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Papert จะมีลักษณะค่อนข้างที่จะเป็นรูปธรรม Papert ในฐานะที่เป็นผู้เสนอทฤษฎี Constructionism ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยการเล่นกับปัญหา (playing with problem) จะยกระดับความสามารถนอกเหนือจากการแก้ปัญหาของเขาเหล่านั้น (Kaifai and Resnick, 1996) Papert ได้แสดงให้เห็นว่า หลักการของ Polya ค่อนข้างที่จะเป็นนามธรรมสำหรับการแก้ปัญหาที่ผู้แก้ปัญหาเคยรู้แล้ว แต่การแก้ปัญหาของ Papert ด้วยเต่าพีชคณิตจะเป็นรูปธรรมมากกว่า โดยมีหลักการง่ายๆ คือ เล่นกับเต่า และทำมันด้วยตัวของเราเอง การเล่นกับเต่าเป็นแหล่งกำเนิดสถานการณ์ต่างๆ ที่มีความคล้ายกันอย่างไม่จบสิ้นแลมีความหลากหลายเพราะว่าสร้างบนพื้นฐานพฤติกรรมของตัวเราเอง ดังนั้นเมื่ออยู่ในปัญหาเราสามารถเล่นกับเต่าจะทำให้เกิดรูปแบบการแก้ปัญหาที่คุ้นเคยได้ เพราะรูปแบบการมองสิ่งต่างๆ จะคล้ายกับสถานการณ์ที่คุ้นเคยกับการเล่นกับเต่า (Papert, 1980)

สรุปแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Papert คือ การแก้ปัญหาโดยเล่นกับปัญหา

สรุปแนวคิดโดยภาพรวมในการแก้ปัญหาคือการสร้างความรู้และทักษะใหม่โดยอาศัยความรู้และทักษะเดิมที่มีอยู่โดยมีรูปแบบการแก้ปัญหาแบบเป็นระบบและแบบลองผิดลองถูก

การเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงาน

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสมองทั้งของ Piaget และ Vygotsky ทำให้เกิดความสนใจต่อบทบาทของปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่มีต่อการพัฒนาความรู้ ซึ่งทัศนะของ Piaget และ Vygotsky แตกต่างกันคือ Piaget มีความเห็นว่าแรงขับของการพัฒนาอยู่ภายในบุคคล วุฒิภาวะเป็นองค์ประกอบหลักของการพัฒนา แต่ Vygotsky เห็นว่าแรงขับการพัฒนามาจากภายนอก ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเป็นแกนหลักของกระบวนการพัฒนาการเรียนรู้ในเด็ก (Tudge และ Winterhoff cited Barfuth, 2000) แต่อย่างไรก็ตามพื้นฐานทางทฤษฎีของทั้ง Piaget และ Vygotsky

ต่างมีบทบาทต่อการจัดการศึกษาในแนวทางเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนโดยเฉพาะ Vygotsky ที่เน้นการปฏิสัมพันธ์ของสังคมต่อการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การเรียนรู้ร่วมกัน

การเรียนรู้ร่วมกัน (collaborative learning) เป็นวิธีจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกในกลุ่มด้วยกันเองและกับบุคคลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ นักเรียนมีการทำงานด้วยกันเป็นคู่หรือกลุ่มเล็กๆ มีการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน การเรียนรู้ผ่านกลุ่มมากกว่าการเรียนเรียนรู้โดยการทำงานเพียงคนเดียว ซึ่ง Barnes and Todd (1997 cited Fraser, 1998); Davidson (1994 cited Fraser, 1998) ได้กล่าวเกี่ยวกับการเรียนรู้ร่วมกันว่า เป็นการสืบสวนสอบสวนภาระงานร่วมกันซึ่งจะแตกต่างกับ Cooperative Model ที่ภาระงานจะถูกแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อยๆ และบทบาทของสมาชิกภายในกลุ่มจะทำหน้าทีเป็นตัวแทนของการทำงานในแต่ละองค์ประกอบ การเรียนรู้ร่วมกันเป็นกระบวนการของการค้นพบ การสร้างความหมาย ความรู้ถูกสร้างขึ้นตลอดเวลาผ่านการแลกเปลี่ยนแบบร่วมมือกัน วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อที่จะกระตุ้นนักเรียนด้วยปัญหา ความท้าทายและการถ่ายทอดความคิดผ่านกระบวนการแบบประชาธิปไตย ส่วน Galton and Williamson (1992 cited Fraser, 1998) ได้กล่าวเกี่ยวกับการทำงานร่วมกันไว้ว่า นักเรียนในกลุ่มมุ่งสร้างผลผลิตสิ่งใดสิ่งหนึ่งร่วมกัน โดยจะมีส่วนที่สัมพันธ์กับกิจกรรมการแก้ปัญหา กระบวนการโต้แย้งที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหา การค้นหาความเห็นร่วมกัน หรือข้อแนะนำเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา นอกจากนั้น Forman และ Cazden (1985) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ร่วมกันที่แตกต่างไปจากการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างเพื่อนไว้ว่า การร่วมมือกันต้องมีภาระงานที่สมาชิกร่วมกันสร้างบางสิ่งบางอย่างขึ้นมา และเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้โดยลำพังบุคคลใดบุคคลหนึ่ง (ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ, 2547)

การเรียนรู้ตามแนวคิด คอนสตรักชันนิซึม เป็นแนวคิดที่เชื่อว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีเมื่อเด็กมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ร่วมกันในการสร้างผลผลิตที่มีความหมายกับผู้เรียน การเรียนรู้เน้นปัจจัยที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันในการสร้างโอกาสและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกัน ได้แก่ การมีวัตถุช่วยคิด และบรรยากาศและสภาพการเรียนรู้ร่วมกัน

บรรยากาศและสภาพแวดล้อม

การเรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรักชันนิซึมนั้น การมีวัสดุที่ดีสำหรับใช้สร้างความรู้หรือบริบททางสังคมที่มีการสร้างความรู้ยังไม่เป็นการเพียงพอ ส่วนสำคัญคือ บรรยากาศและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้หรือบริบททางสังคมที่มีการสร้างความรู้นั้น การมีทางเลือกที่หลากหลายเป็นส่วนสำคัญหนึ่งในบรรยากาศและสภาพแวดล้อม การที่คนเรามีโอกาสได้เลือกว่าจะสร้างอะไรได้มากเท่าใด ก็จะเต็มใจมีส่วนร่วมในการทำงานนั้น ความหลากหลาย มีความหมาย 2 ประการคือ การมีความหลากหลายของทักษะและรูปแบบ ความหลากหลายของทักษะหมายถึง การมีบุคคลที่มีทักษะที่แตกต่างกันหลายระดับ ตั้งแต่รู้น้อยจนรู้มาก ในบางครั้งอาจหมายถึงระดับอายุที่แตกต่างกันในชั้นเรียน การที่ผู้เรียนมีระดับความสามารถไม่แตกต่างกัน อาจคิดและทำอะไรเหมือนกัน คิดไม่ออกจะคิดไม่ออกเหมือนกัน แต่ถ้าในกลุ่มมีความแตกต่างกันคนที่มีประสบการณ์น้อยสามารถเรียนได้มากจากคนที่มีทักษะมากกว่าตน และคนที่มีประสบการณ์มากจะมีทักษะและความรู้เพิ่มขึ้นจากการได้ช่วยเหลือคนอื่น ส่วนความหลากหลายอีกประการหนึ่งคือ ความหลากหลายในรูปแบบหมายถึง เมื่อมีการสร้างชิ้นงานที่มีความหมาย จะไม่มีวิธีใดเป็นวิธีที่ถูกต้องในการทำเช่น บางคนจะชอบวางแผนการทำงานก่อนอย่างระมัดระวังว่าจะทำอะไร และอาจมีการปรับแผนบ้างในระหว่างการทำงาน การทำงานวิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ แต่ไม่ได้เป็นวิธีเดียวในการทำงาน บางคนพอใจที่จะทำงานโดยไม่ต้องมีแผนแต่ใช้วิธีพูดคุยถามไถ่กันในขณะทำงานนั้น พิจารณาดูงานที่ทำไป แล้วตัดสินใจว่าจะทำอะไรต่อไป รูปแบบการทำงานแบบแรกเป็นแบบนักวางแผน และแบบที่สองเป็นแบบ คิดไปทำไปไม่มีแผนตายตัว เป็นรูปแบบที่ใช้ได้ทั้งสองรูปแบบ จึงควรยอมรับและให้เกียรติกัน การจะบังคับให้แต่ละคนเปลี่ยนไปใช้รูปแบบของอีกคนเหมือนการบังคับให้เด็กถนัดซ้ายใช้มือขวาเขียนหนังสือ เป็นเรื่องที่ไม่ควรทำ ส่วนประกอบสุดท้ายของบรรยากาศและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ คือ การมีความเป็นกันเอง ควรมีความเป็นมิตร ยินดีต้อนรับ และเชื้อเชิญผู้เรียน และที่สำคัญควรให้เวลากับผู้เรียนที่พอเพียงในการทำงาน ให้เวลาสำหรับการใช้สมาธิ การพูดคุย การนึกฝัน การเดินไปเดินมาและการได้ดูว่าคนอื่นเขาทำอะไรกัน นอกจากนี้จะต้องใช้เวลาสำหรับการเริ่มต้นที่อาจผิดพลาดไป ให้เวลาเมื่อเกิดการติดขัดและให้เวลาในการอยู่เฉยๆ ไม่ต้องทำอะไร (บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์, 2546)

สรุปการเรียนรู้ร่วมกัน หมายถึง การเรียนรู้ที่เน้นการแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันระหว่างสมาชิกในกลุ่มด้วยกันเองและกับบุคคลอื่นๆ ภายใต้สภาวะแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีทางเลือกมีความหลากหลายและเป็นกันเองโดยใช้วงจรการเรียนรู้ระหว่างประสบการณ์ภายในกับประสบการณ์ภายนอก

การสะท้อนในการกระทำ (Reflect –in-action)

การเกิดเองตามธรรมชาติ (spontaneous)หรือการรู้เอง (intuitive) ในสิ่งกระทำสำหรับชีวิตประจำวัน เรามีความรู้กับเรื่องนั้นๆ ในรูปแบบเฉพาะตนเอง บ่อยครั้งเราไม่สามารถที่จะพูดได้ว่าอะไรที่เรารู้ แต่สิ่งหนึ่งที่เรารู้คือ เรารู้ในการกระทำของเราเอง (knowing-in-action) ไม่ว่าจะเป็นคนทั่วๆ ไปหรือผู้ชำนาญ (professional) บ่อยครั้งคิดเกี่ยวกับอะไรคือสิ่งที่เขากระทำ บางสิ่งบางอย่างขณะทำ สิ่งกระตุ้นที่ทำให้เกิดการคิดคือความประหลาดใจ หรือแปลกใจ ซึ่งมีการการคิดย้อนกลับไปที่การกระทำที่ผ่านมา การรู้ถึงสิ่งที่กระทำอย่างชัดเจนในการกระทำ ซึ่งอาจจะมีคำถามสำหรับถามตัวเอง เช่น อะไรคือคุณลักษณะการสังเกตของฉันเมื่อฉันจดจำสิ่งต่างๆ อะไรคือหลักการที่ฉันกระทำการตัดสินใจ ฉันมีกรอบต่อปัญหานี้อย่างไรเมื่อฉันพยายามที่จะแก้ปัญหานี้ ปกติแล้วการสะท้อนเกี่ยวกับการรู้ในการกระทำจะดำเนินไปด้วยกันกับการกระทำด้วยมือ มีบางครั้งเข้าใจยากหรือเป็นปัญหา หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ กับสิ่งที่แต่ละคนพยายามที่จะจัดการมัน ดังนั้นเขาจะพยายามที่จะสะท้อนบนความเข้าใจในการกระทำของเขาถึงสิ่งที่เขามีการวิพากษ์วิจารณ์ การสร้างขึ้นใหม่ และการแสดงออกในการสนับสนุนการกระทำ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดคือกระบวนการของการสะท้อนในการกระทำ การสะท้อนในการกระทำบางครั้งเราคิดเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างที่ทำประโยคที่ว่า การคิดบนเท้าของคุณ ไม่ได้เสนอเพียงแค่ว่าเราสามารถคิดเพียงแค่เกี่ยวกับอะไรที่เรากำลังกระทำมันแต่เราสามารถคิดเกี่ยวกับการทำบางสิ่งบางอย่างขณะที่กำลังทำมัน สิ่งที่เราสนใจคือ กระบวนการที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการ และความก้าวหน้าของวิถีทางแห่งการกระทำมัน การสะท้อนในการกระทำส่วนมากจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่มีความประหลาดใจ (Schon, 1983)

Inhelder และ Karmiloff Smith ได้อธิบายถึง การกระบวนการในการค้นพบของเด็กในการกระทำ โดยได้ให้เด็กๆ ได้ศึกษาการสมดุลของบล็อกไม้บนคานเหล็ก ทั้งสองให้ความสนใจต่อกระบวนการที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติของเด็ก โดยให้เด็กเรียนรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของบล็อกไม้ความสมดุลของสิ่งเหล่านั้นบนคานเหล็ก และการกระทำของเด็กๆ หลังจากประสบผลสำเร็จและความล้มเหลว ทั้งสองพบว่า เด็กๆ อายุ 7-8 ปีเริ่มต้นกิจกรรมเหมือนกันคือ การวางกล่องที่จุดศูนย์กลางของคานเหล็ก ซึ่งการวางสามารถซ้อนกันขึ้นไปเรื่อยๆ ได้ ซึ่งทำให้เด็กรับทราบว่าสิ่งต่างๆ มีจุดสมดุลที่ตรงกลางซึ่งเขาเรียกว่า ทฤษฎีในการกระทำ (theory-in-action) แต่เมื่อวางบล็อกสูงขึ้นเรื่อยปรากฏว่าบล็อกไม้ไม่สามารถที่จะตั้งอยู่ได้และพังลงมา ทำให้เด็กหยุดและคิดถึงสิ่งที่เกิดขึ้นเกิดผิดพลาดอะไรเกี่ยวกับการเรียงบล็อกบนจุดศูนย์กลางของคานเหล็ก เด็กชั่งน้ำหนัก

ที่มือสองข้างจนกระทั้งนำมาซึ่งการวางบล็อกในแต่ละข้างของคานเหล็กการกระทำนี้เรียกว่า ทฤษฎีการตอบสนอง (theory-response) เด็กๆ รับรู้ว่าการสมดุลไม่ได้เกิดจากจุดศูนย์กลางของวัตถุแต่เกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งการพบความจริงนี้จะทำให้เด็กรับรู้ถึงทฤษฎีในการกระทำอีกครั้ง การรู้ในการกระทำ คือสิ่งที่เด็กแสดงออกมาด้วยตัวเขาเอง ด้วยความรู้สึกเกี่ยวกับบล็อก การสังเกตในเชิงทฤษฎี ซึ่งเด็กสามารถปรับเปลี่ยนการรู้ในการกระทำไปเป็นความรู้ในการกระทำได้ ซึ่งเด็กมีการไตร่ตรอง มีการสร้างลักษณะเฉพาะและเด็กมีการทดสอบการทดลองด้วยตนเอง (Schon, 1983)

Schon (1987) ได้อธิบายถึงสามมโนทัศน์ในการสร้างความรู้และความเข้าใจสำหรับการสะท้อนของผู้ชำนาญได้แก่การรู้ในการกระทำ (knowing-in-action) การสะท้อนในการกระทำ (reflection-in-action) และการสะท้อนบนการกระทำ (knowing-on-action)

การรู้ในการกระทำคือ ความรู้ภายในตนเอง (tacit knowledge) เราแสดงความรู้ภายในตนเองเมื่อไรก็ตามที่เรากระทำในวิถีทางที่สมเหตุสมผล แต่อาจจะไม่ชัดเจนภายใต้การคิดสำหรับการกระทำของเรา การรู้ในการกระทำอาจจะสังเกตเห็นได้เช่น การขับรถ การทักทายเพื่อน การพิมพ์จดหมาย หรืออาจจะไม่สามารถสังเกตเห็นคือ ความเข้าใจอะไรที่เราอ่าน การจำใครคนหนึ่งในงานเลี้ยง เป็นต้นเรารู้อะไรมากมายซึ่งเป็นการรู้ในการกระทำและแสดงให้เห็นมากมายในชีวิตประจำวัน เราแสดงความรู้ของเราที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติและด้วยวิธีการที่ชำนาญ เช่น การหยิบกุญแจออกจากกระเป๋าและไขประตูรถ การเล่นเปียโน เป็นต้น แม้ว่าจะเป็นการแน่นอนที่เราสามารถที่จะอธิบายสิ่งต่างๆ ภายใต้การสังเกตและการสะท้อน โดยปกติแล้วคือการสร้าง Schon ได้อธิบายว่า การรู้ในการกระทำของเราสามารถปรับเปลี่ยนเป็นความรู้ในการกระทำได้ ปกติแล้วการรู้ในการกระทำจะไม่เป็นคำพูด การกระทำของเราโดยมากเกิดจากการเกิดเองโดยธรรมชาติ ซึ่งโดยปกติแล้ว เราอาจเพิ่งจะทำมัน ไม่ทำมัน อธิบายมัน เช่น เราขับรถไปทำงาน เขียนจดหมาย อ่านหนังสือ เป็นสถานการณ์ที่ปกติไม่น่าแปลกใจอะไร เป็นการดำเนินการของการกระทำของเราที่เป็นไปอย่างราบเรียบ แต่ถ้าสิ่งเหล่านี้ทำให้เราแปลกใจไม่เป็นไอย่างที่เราคิดและคาดหวังสิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสะท้อนในการกระทำซึ่ง Schon อธิบายว่ามันเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสำหรับการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาการรู้คิด (Bruning, Schraw and Ronning, 1999)

การสะท้อนในการกระทำคือ การรู้จักคิดถึงการคิดเกี่ยวกับการกระทำและการคิดของสิ่งเหล่านั้น การสะท้อนในการกระทำมาจาก เหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดหวัง และการรู้ในการกระทำที่นำมาซึ่งเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดหวัง เช่น เราใช้กุญแจเปิดล็อกรถเราทุกวันแต่มาวันหนึ่งเราไขกุญแจปลดล็อกไม่ได้ เหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดหวังเกิดขึ้นเป็นการกระตุ้นให้เราพิจาณาว่าอะไรเกิดขึ้นทำไมถึงปลดล็อกไม่ได้ ซึ่งเราจะสะท้อนมันออกมา เราอาจจะใส่กุญแจผิด เราอาจจะหมุนกลับข้าง ซึ่งเราอาจค้นพบว่าที่ปลดล็อกไม่ได้เนื่องจากกุญแจเป็นสนิม เป็นต้น การสะท้อนการกระทำจะกระตุ้นให้เราทดลองคิด บนการขยายความรู้ที่ผ่านมาความล้มเหลวและความสำเร็จที่ไม่ได้คาดหวังอาจนำมาซึ่งทิศทางที่หลากหลาย (Bruning, Schraw and Ronning, 1999)

สรุป การสะท้อนในการกระทำ หมายถึง กระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงงาน (process project) และสิ้นสุดโครงงาน (output) ของนักศึกษา

การประเมินผลการเรียนรู้

โดยทั่วไปแล้วคุณลักษณะของกระบวนการประเมินที่มีลักษณะที่เป็นการประเมินจากสภาพจริง (authentic assessment) จะต้องประกอบด้วยคุณลักษณะขององค์ประกอบของกระบวนการทั้งโครงสร้างของกระบวนการวัดคุณลักษณะของงานที่กำหนด มาตรฐานของการให้คะแนน ตลอดจนความยุติธรรมและความเสมอภาพในกระบวนการดังนี้ (พรทิพย์ ไชยโส, 2543)

1. โครงสร้างของกระบวนการวัด

1.1 งานหรือคำถามที่กำหนดในการประเมินสามารถเปิดเผยต่อสาธารณะได้มิใช่เกี่ยวข้องกับผู้สอนและผู้เรียนเท่านั้น อาจจะต้องเกี่ยวข้องกับผู้ปกครอง ผู้คนอื่นนักการศึกษา ผู้นำชุมชนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการจัดการนั้น

1.2 ไม่ได้วางอยู่บนเงื่อนไขของเวลาที่กำหนดโดยไม่มีหลักเกณฑ์ แต่จะต้องมีความเป็นไปได้ และเป็นไปตามที่เป็นจริง กระบวนการวัดมิใช่ทำที่กระบวนการใดกระบวนการหนึ่งแต่เป็นตลอดช่วงของเวลาในกระบวนการเรียนการสอนนั้น มีลักษณะเหมือนกับการเก็บสะสมงานลงใน Portfolio

1.3 การแก้ปัญหาหรือการทำงานที่กำหนดในกระบวนการวัดต้องอาศัยความร่วมมือของผู้เรียน คือมีลักษณะการทำงานกลุ่ม ที่ต้องอาศัยความร่วมมือในการทำงานที่จะแก้ไขปัญหาในการประเมินนั้น

1.4 แนวทางการแก้ปัญหาจะต้องเป็นกระบวนการที่ต้องการตรวจสอบและทบทวนแนวทางการปฏิบัติที่จะต้องแก้ไขปัญหานั้นๆ ซึ่งกว่าที่จะแก้ไขปัญหาได้ต้องกระทำซ้ำแล้วซ้ำอีก

1.5 กระบวนการประเมินต้องให้ผลย้อนกลับกับผู้เรียนที่จะเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางหากต้องมีการปรับปรุงแก้ไขอย่างใดแม้จะเกี่ยวข้องกับแผนงานของโรงเรียน โครงสร้าง หรือ นโยบายของโรงเรียนอาจจะต้องปรับ เพื่อที่จะทำให้ผู้เรียนบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด

2. คุณลักษณะของงานที่กำหนดในกระบวนการประเมิน

2.1 งานที่กำหนดให้ผู้เรียนแสดงออกเพื่อแก้ไขปัญหาต้องเป็นงานที่เป็นเรื่องจำเป็นและสำคัญ

2.2 งานที่กำหนดต้องให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถ และทักษะ และคุณลักษณะต่างๆ ที่สำคัญ

2.3 เนื้อเรื่องที่วัดหรือสถานการณ์ของงานต้องมีความซับซ้อนและท้าทายปัญญาความคิดความสามารถของผู้เรียน

2.4 ผู้เรียนจะต้องมีส่วนร่วมในการแสวงหาความรู้ด้วยตัวเขาเองเพื่อที่จะแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดในการประเมิน

2.5 จะต้องเป็นงานที่ให้ผู้เรียนได้แสดงคุณลักษณะนิสัยต่างๆ ออกมาด้วยมิใช่เพียงเรื่องความรู้ ความจำ หรือทักษะเบื้องต้น

2.6 สถานการณ์หรือเนื้อหาเป็นสิ่งที่ท้าทาย เป็นตัวแทนของสถานการณ์ที่สำคัญ ออกแบบมาให้เน้นทางลึกมากกว่าทางกว้าง

2.7 เป็นสถานการณ์ที่มิได้กำหนดโครงสร้างชัดเจนซึ่งอาจจะได้รับการตีความและเลือกใช้วิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ กัน เมื่อได้รับการตีความปัญหาต่างไป

3. มาตรฐานในการให้คะแนน

3.1 เกณฑ์ที่นำมาใช้ในการประเมินต้องเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น ไม่ใช่ตรวจสอบนับคลาดเคลื่อนจากการทำงานเล็กๆ น้อยๆ ที่ไม่สำคัญและไม่จำเป็น หรือไม่เกี่ยวข้อง

3.2 นำการประเมินตนเองของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการตัดสินใจในกระบวนการประเมิน

3.3 นำการประเมินตนเองของผู้เรียนเป็นส่วนหนึ่งของการตัดสินใจในกระบวนการประเมิน

3.5 ความเป็นมาตรฐานของเกณฑ์ต้องเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

4. ความยุติธรรมและความเสมอภาค

4.1 คำนึงและเปิดเผยถึงข้อจำกัดของกระบวนการประเมินนั้นๆ

4.2 คำนึงถึงความสามารถหรือทักษะของผู้เรียนมีมาก่อนว่าต้องมีพื้นฐานอย่างใดจึงจะสามารถทำงานในสถานการณ์ที่กำหนดของการประเมินได้

4.3 ลดการเปรียบเทียบที่ไม่จำเป็นระหว่างกลุ่มผู้เรียน

4.4 ยอมให้มีโอกาสในการปรับแก้ไขรูปแบบการประเมิน ตลอดจนเปิดโอกาสการแสดงความถนัดความสนใจของผู้เรียน

4.5 เป็นกระบวนการที่เหมาะสมกับผู้เรียนทุกคนและเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้จากกระบวนการประเมินนั้น

การประเมินจากสภาพจริง เป็นวิธีการประเมินที่ออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของนักเรียนในสถานการณ์ที่เป็นจริงแห่งโลกปัจจุบัน และเป็นวิธีการประเมินที่เน้นงานที่นักเรียนแสดงออกในภาคปฏิบัติ (performance) เน้นกระบวนการเรียนรู้ (process) ผลผลิต (products) และแฟ้มสะสมงาน (portfolio) (Popham, 1995) การที่จะทำให้นักเรียนบรรลุความต้องการของแต่ละบุคคลได้นั้น วิธีการประเมินตามสภาพจริง จะเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน และมีส่วนร่วมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ดังนั้นวิธีการประเมินวิธีนี้จะช่วยในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างต่อเนื่อง กระบวนการที่ใช้ในการประเมินตามสภาพจริง อาจใช้การสังเกต การบันทึก และการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลงานและวิธีการที่นักเรียนทำ (กรมวิชาการ, 2539) นอกจากนั้นการปฏิบัติงานจริง ถือเอาการที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติงาน เช่น แก้ปัญหาโดยใช้ประสบการณ์ในสภาพคล้ายคลึงกับเหตุการณ์ในชีวิตจริงจนเหมือนการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยอาจจะเป็นข้อสอบข้อเขียนหรือการเสนอแผนงานตลอดจนการแก้ปัญหานั้นๆ ให้สำเร็จ (พรทิพย์ ไชยโส, 2543)

การประเมินจากสภาพจริงมักใช้รูบริคส์ (rubrics) เพื่ออธิบายผลสำฤทธิ์ของผู้เรียน Goodrich (1997) ได้อธิบายความหมายของรูบริคส์ หมายถึง เครื่องมือในการให้คะแนนที่มีการระบุเกณฑ์ (criterial) ประเมินชิ้นงานและคุณภาพของชิ้นงานในแต่ละเกณฑ์ ยกตัวอย่างเช่น การประเมินชิ้นงานเขียนได้แก่ จุดประสงค์เนื้อหา การให้รายละเอียด การใช้ภาษาเป็นต้น และคุณภาพของงานเขียนแต่ละเกณฑ์อาจเป็นยอดเยี่ยมจนถึงไม่ดี Goodrich (1997) ได้ชี้ให้เห็นว่ารูบริคส์ มีความเกี่ยวข้องกับครูและนักเรียนด้วยเหตุผลหลายประการดังนี้

1. เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ได้กับทั้งการสอนและการประเมิน เราสามารถใช้รูบริคส์เพื่อการพัฒนาหรือปรับปรุงการปฏิบัติงานของนักเรียน และช่วยให้ครูสามารถตั้งความคาดหวังกับการปฏิบัติงานของนักเรียนได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถแสดงให้นักเรียนเห็นได้อย่างชัดเจนว่าทำอย่างไรจึงจะปฏิบัติงานได้ตามความคาดหวังที่ตั้งไว้ ผลเช่นนี้ช่วยให้มีการพัฒนาหรือปรับปรุงทั้งคุณภาพของชิ้นงานและการเรียนรู้ของนักเรียนควบคู่กันไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้รูบริคส์จะช่วยนิยามคำว่าคุณภาพให้ชัดขึ้น

2. เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการช่วยเหลือนักเรียนให้เป็นผู้ที่สามารถตัดสินคุณภาพชิ้นงานอย่างมีเหตุผล ทั้งงานของตนและผู้อื่น นักเรียนจะรู้ข้อผิดพลาดของตนเองและผู้อื่น การทำเช่นนี้บ่อยๆ ครั้ง ช่วยให้นักเรียนเกิดความรับผิดชอบในการทำงานของตนมากยิ่งขึ้น

3. เป็นเครื่องมือที่ช่วยลดจำนวนเวลาที่ครูใช้ในการประเมินผลงานของนักเรียนลงได้ เพราะโดยปกติครูมักจะประเมินงานของนักเรียนทีละชิ้น แต่ถ้าใช้รูบริคส์ในการประเมินแล้ว นักเรียนจะสามารถประเมินงานของตนเองและของเพื่อนๆ ได้ นอกจากนี้แล้วรูบริคส์ยังช่วยให้นักเรียนได้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับจุดเด่นและสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในชิ้นงานของตนเอง

4. ครูชอบใช้รูบริคส์ เพราะมีลักษณะยืดหยุ่นที่สามารถทำให้ครูสอนนักเรียนที่มีความหลากหลายได้แตกต่างกัน

5. รูบริคส์ใช้งานง่าย และอธิบายง่าย การใช้รูบริคส์จะช่วยให้นักเรียนทราบว่าเขาได้เรียนรู้อะไร และเมื่อมีการประชุมผู้ปกครอง ครูอาจอธิบายให้ผู้ปกครองเข้าใจได้ง่าย โดยผู้ปกครองจะทราบได้ว่าบุตรหลานของตนต้องทำอย่างไรบ้าจึงจะประสบผลสำเร็จ

การวัดมโนทัศน์

วิธีการวัดมโนทัศน์สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่มคือ

1. การสัมภาษณ์ เป็นการตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียนด้วยการให้ตอบคำถามและบอกเหตุผลของการตอบ เช่น การสัมภาษณ์แบบคลินิก (clinical interview) ของ Piaget การสัมภาษณ์แบบใช้ตัวอย่าง ของ Osborne และ Gilbert การสัมภาษณ์แบบใช้เหตุการณ์ (interview about events) ของ Osborne

2. การเขียน เป็นการตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียน ด้วยการให้นักเรียนเขียนแผนภาพมโนทัศน์(Novak และ Gowin,1984) วงจรมโนทัศน์(concept circle) (Wandersee, 1985)

3. การทดสอบ เป็นการตรวจสอบมโนทัศน์ของนักเรียนโดยใช้แบบสอบเป็นเครื่องมือ แบบสอบนี้แต่ละข้อจะมี 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการตอบคำถามของข้อกระทงที่ตั้งไว้ ส่วนที่ 2 จะเป็นการบอกเหตุผลของการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 เช่น แบบวัดมโนทัศน์ของ Lawson (1978); Lawson *et al.* (1979); Tobin and Capie (1981); Treagust (1987) เป็นต้น แบบสอบชนิดเลือกตอบทั้งส่วนที่เป็นคำตอบและส่วนที่เป็นเหตุผลของการเลือกคำตอบนั้น (สุจินต์ เลี้ยงจรูญรัตน์, 2543)

สรุป กระบวนการประเมินที่เป็นการประเมินตามสภาพจริงจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญคือ โครงสร้างของกระบวนการวัด คุณลักษณะของงานที่กำหนดในกระบวนการประเมิน มาตรฐานการให้คะแนน และความยุติธรรมและความเสมอภาค ในการประเมินจากสภาพจริงมักจะใช้รูบริคส์ เพราะว่าจะสามารถและติดตามความก้าวหน้าของนักเรียนได้อย่างต่อเนื่องและสามารถป้อนกลับข้อมูลให้กับนักเรียนได้ การวัดมโนทัศน์มี 3 กลุ่มคือ 1) การสัมภาษณ์ 2) การเขียน และ 3) การทดสอบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ตามแนวความคิด คอนสตรักติวิซึม คอนสตรักชันนิซึม และการเรียนรู้โดยวิธีการทำโครงงาน

ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ (2547) ได้ทำการศึกษาการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องปรากฏการคลื่นด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนารูปแบบวิธีการเรียนรู้ร่วมกันโดยวิธีการทำโครงงานและศึกษามโนทัศน์และการแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์เรื่อง ปรากฏการณ์คลื่น ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบวิธีการเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงานประกอบด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนคือ ทดสอบความรู้เดิมและให้ความรู้พื้นฐาน เลือกปัญหา/เลือกหัวข้อการทำโครงงาน ออกแบบการทำโครงงาน ลงมือทำโครงงานโดยจะมีการสะท้อนความคิดในทุกขั้นตอน มโนทัศน์เรื่องปรากฏการณ์คลื่นและการแก้ปัญหาโจทย์ของนักเรียน ภายหลังการเรียนด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงานมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 สรุปผลการวิจัยได้ว่าการเรียนรู้ร่วมกันโดยการทำโครงงาน มีผลทำให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมี มโนทัศน์ทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้น และสามารถแก้ปัญหาโจทย์วิชาฟิสิกส์ได้

ไพจิตร สะดวกการ (2535) ได้ทำการศึกษาผลการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมตอนต้นผลการศึกษาพบว่า นักเรียนระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ปานกลางที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนระดับเดียวกันที่ได้รับการสอนปกติที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .01 แต่ไม่พบความแตกต่างในนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและต่ำ ขนาดของความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตที่เนื่องมาจากการสอนด้วยกระบวนการสอนคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นและการสอนปกติในนักเรียนระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำใหญ่กว่าขนาดของความแตกต่างในนักเรียน ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูง นักเรียนระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงและปานกลางที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการที่สร้างขึ้นและได้รับการสอนปกติมีความคงทนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน นักเรียนระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนด้วยกระบวนการที่สร้างขึ้นและได้รับการสอนปกติมีความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้สูงกว่านักเรียนในระดับเดียวกัน ที่ได้รับการสอนปกติ

วรัญญา จีระวิพูลวรรณ (2546) ได้ทำการศึกษาผล การพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษาตอนต้น ให้จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม: กรณีศึกษาโรงเรียนหนึ่งในจังหวัดอุดร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเชื่อของครูเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ความเชื่อของครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึมในด้านการเขียนแผนการเรียนรู้ การเตรียมสื่อและอุปกรณ์การปฏิบัติตามแผนการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ปัจจัยส่งเสริมการพัฒนาครูให้จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม อุปสรรค์ในการพัฒนาครูให้จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึมผลการศึกษาพบว่า ความเชื่อของครูมีแนวโน้มเปลี่ยนไปในการจัดการเรียนการสอนแนวคอนสตรักติวิซึมและความเชื่อในเรื่องของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ของครูเปลี่ยนไปในทิศทางที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึมปัจจัยที่ส่งเสริม พัฒนาครูคือความเชื่อในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ การสนับสนุนจากเพื่อนครู ครอบครัว ผู้บริหาร

สุจินต์ เลี้ยงจรูญรัตน์ (2543) ได้ทำการศึกษา ผลการใช้กระบวนการเรียนการสอนแบบคอนสตรักติวิซึมและการใช้แฟ้มผลงานในการสอนหัวข้อเรื่อง พลังงานกับชีวิตและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านระดับ ม. 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเรียนปกติการเรียนด้วยวิธีการคอนสตรักติวิซึมการเรียนด้วยวิธีการคอนสตรักติวิซึมและทำแฟ้มผลงาน

ตัวแปรตามมโนมติเกี่ยวกับพลังงานกับชีวิต และเครื่องใช้ไฟฟ้าผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการคอนสตรักติวิซึมและทำแฟ้มผลงาน มีมโนมติและการนำความรู้ไปใช้มากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการคอนสตรักติวิซึมแต่ไม่ได้ทำแฟ้มผลงานนักเรียนที่เรียนด้วยกระบวนการคอนสตรักติวิซึมแต่ไม่ทำแฟ้มผลงานงานมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ดีขึ้นมากกว่า 2 กลุ่มนักเรียนที่คุ้นเคยกับวิธีการเรียนแบบเก่าทำให้รูปแบบการเรียน แบบคอนสตรักติวิซึมเป็นไปได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น

ปรียา นพคุณ (2545) ได้ทำการศึกษา การพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ ในระดับชั้นประถมปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ และศึกษาผลของการพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ รวมทั้งความคิดเห็นของครู นักเรียน ผู้บริหาร และผู้ปกครองที่มีต่อการเรียนรู้ที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ การศึกษาพบว่า พฤติกรรมการสอนของครูเป็นไปตามหลักการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการสร้างความรู้ นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนในด้านการคิด การวิเคราะห์ การตัดสินใจ การรู้วิธีการสืบค้นข้อมูล การนำเสนอ และนักเรียนยังมีการพัฒนาแนวคิดการแก้ปัญหา การทำงานแบบร่วมมือ การนำไปใช้ในสภาพจริงและเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์ อีกทั้งนักเรียน ครู ผู้บริหาร และผู้ปกครองเห็นด้วยกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการสร้างองค์ความรู้

นพวรรณ ภู่ไพบูลย์ (2545) ได้ทำการศึกษา การเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ การศึกษาพบว่า รูปแบบการเรียนที่ต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุดาวัลย์ ทับแอน (2545) ได้ทำการศึกษา การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนและความคงทนในการจำระหว่างวิธีสอนแบบการสร้างองค์ความรู้กับวิธีสอนแบบปกติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนและความคงทนในการจำ เรื่อง การคัดเลือกเมล็ดพันธ์ ระหว่างวิธีสอนแบบแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ กับวิธีสอนแบบปกติ การศึกษาพบว่า คะแนน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการจำของกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปงานวิจัยภายในประเทศ ผลการวิจัยพบว่า การสอนด้วยวิธีคอนสตรักติวิซึมกับวิธีปกติไม่แตกต่างกัน มีความคงทนของความรู้ไม่แตกต่างกัน แต่การสอนด้วยวิธีคอนสตรักชันนิซึมทำให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์เพิ่มขึ้น มีการเรียนรู้ร่วมกัน แสดงการคิด การแก้ปัญหาและสามารถแก้ปัญหาได้ ความเชื่อของครูเปลี่ยนไปเมื่อครูจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้ ประกอบกับนักเรียน ครู ผู้บริหาร ผู้ปกครองก็เห็นด้วยกับวิธีนี้

งานวิจัยต่างประเทศ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ตามแนวความคิด คอนสตรักติวิซึม คอนสตรักชันนิซึม การเรียนรู้โดยวิธีการทำโครงงาน การเรียนรู้ตามแนวคิด Digital Manipulative และ Tangible Interface

Maunsaiyat (2002) ได้ทำการศึกษา การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติของนักศึกษาอาชีวศึกษาตามแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการสอนด้วยวิธีตามแนวคิดคอนสตรักติวิสต์ และการสอนปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติแตกต่างกันหรือไม่ ผู้ที่เรียนด้วยวิธี ตามแนวคิด คอนสตรักติวิสต์ มีความชอบในวิธีการเรียนแบบนี้มากกว่าวิธีการเรียนแบบเดิมหรือไม่ ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองวิธี แต่การเรียนด้วยวิธีตามแนวคิด คอนสตรักติวิสต์มีคะแนน หลังสอบมากกว่าก่อนสอบมากขึ้น และนักเรียนร้อยละ 73.3 ชอบการเรียนวิธีนี้ ร้อยละ 21.3 ชอบเรียนแบบเดิม ร้อยละ 5.4 ชอบเรียนทั้งสองแบบ

Mills (2002) ได้ทำการศึกษา ความมีประสิทธิภาพการเรียนรู้โดยโครงงานในโปรแกรมวิชาวิศวกรรมโครงสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา อะไรที่นักศึกษาวิศวกรรมโครงสร้างต้องการเรียนรู้ ที่จะให้มีความสามารถในการออกแบบและสร้างโครงสร้างทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างเมื่อเขาจบการศึกษาไป จะกระทำการเรียนรู้ผ่านหลักสูตรการเรียนรู้โดยโครงงานอย่างไร นักศึกษาทางด้านวิศวกรรมทำอะไรบ้างในการเรียนรู้โดยโครงงาน นักศึกษาทางด้านวิศวกรรมมีแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการใช้วิธีการเรียนรู้ผ่านโครงงานอย่างไร ผลการศึกษาพบว่า

ไม่สามารถระบุได้ว่าสิ่งไหนที่นักศึกษาต้องการเรียนรู้ สิ่งที่ต้องกระทำในการเรียนโดยโครงงานคือ ความชัดเจนของแหล่งข้อมูล ปัญหาของนักศึกษา การสะท้อนเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้ จากข้อมูลชี้ให้เห็นว่านักศึกษามีความเข้าใจดีต่อเทคนิคและทักษะทั่วไปในระดับสูงเมื่อเรียนด้วยวิธีการเรียนรู้โดยโครงงาน และสิ่งสำคัญจากการสัมภาษณ์นักศึกษาคือขั้นตอนของการทำโครงงานจะต้องชัดเจนและกระทำได้

Zukerman (2004) ได้ทำการศึกษา ระบบบล็อก การเรียนรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ของระบบผ่านรูปแบบการลงมือกระทำและการจำลองโดยมีวัตถุประสงค์คือ ต้องการจำลองสภาพแวดล้อมที่ง่ายในการแนะนำแนวคิดเกี่ยวกับระบบ การกระทำเกี่ยวกับมโนทัศน์ของระบบผลการวิจัยพบว่าระบบบล็อกช่วยให้เด็กอายุ 5 ขวบสามารถเข้าใจระบบพลวัตรเช่น Net-Flow , Feedback Loop ซึ่งมีสอนในวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเท่านั้น และระบบบล็อกนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบอื่นๆ ได้ด้วย เช่น ธุรกิจ เป็นจำลองการดำเนินธุรกิจ ระบบอุตสาหกรรม

Raffle (2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ Topobo การประกอบโครงสร้าง 3 มิติ ระบบกับหน่วยความจำเคลื่อนที่ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เข้าใจการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของวัตถุ 3 มิติ ที่สามารถบันทึกการเคลื่อนที่และแสดงการเคลื่อนที่ใหม่ได้ เช่นสามารถนำชิ้นส่วน Topobo มาสร้างเป็นรูปสุนัขและศึกษาการเคลื่อนที่หรือโปรแกรมให้เคลื่อนที่ในลักษณะต่างๆ ผลการศึกษาพบว่า เด็กอายุ 5 – 13 ปี มีความสามารถในการสร้างสรรค์และมีประสบการณ์กับการทดลอง Topobo ในการเรียนรู้เกี่ยวกับ การเคลื่อนที่ ของสัตว์ต่างเมื่อเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่อื่นๆ เด็กอายุ แปด ปี สามารถพัฒนาการเดินของหุ่นยนต์ โดยเขาสามารถเข้าใจหลักการสมดุล ระดับและแรงต่างๆ ที่มีผลต่อโครงสร้างในการเคลื่อนที่ เพราะว่าในการเชื่อมตัวของหุ่นยนต์แต่ละส่วนต้องตอบสนองต่อแรงธรรมชาติและข้อจำกัดของระบบ

Sipitakiat (2001) ได้ทำการศึกษาการสร้างพลังและจิตนาการในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ โดยใช้ทฤษฎี คอนสตรักชันนิซึม และ แนวคิดในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เป็นมิตร(conviviality) โดยได้เน้นสภาพแวดล้อมที่เป็นมิตรในการทำและออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้เน้นบนความเป็นมิตรและนำสิ่งที่ที่ปรากฏมาออกแบบ (emergent design) ซึ่งความเป็นมิตรและการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏ แสดงให้เห็นระบบและกรอบแนวคิด (framework) ในการชี้ชัดและอภิปราย ถึงรูปแบบ (pattern) ในกระบวนการพัฒนากิจกรรม โดยเน้นไปที่กิจกรรมการออกแบบและสร้างเครื่องมือ ซึ่งงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การสร้างเครื่องมืออย่างไรทำให้เกิดสภาพแวดล้อมความเป็นมิตรและ

สนุกสนานและมั่นคง งานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความสมดุลของพลวัตรในวิธีที่แตกต่างสำหรับการเรียนรู้และการสอนเกี่ยวพันธ์กันไป

Hlubinka (2003) ได้ศึกษาศึกษาเกี่ยวกับ เบื้องหลังจอภาพ การเล่าเรื่องดิจิตอลเครื่องมือสำหรับ การสะท้อนการปฏิบัติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาและทำความเข้าใจ ทำไม และอย่างไร เราถึงทำอะไรอย่างที่เราทำ ซึ่งจากการสะท้อนของผู้เรียน ที่มีความสำคัญมากต่อการสร้างสรรค์ การค้นพบสิ่งใหม่ และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับคนอื่น ๆ ผลการศึกษาพบว่า การใช้ ทฤษฎี การเรียนรู้ คอนสตรักชันนิซึม ช่วยให้ เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน ปรับปรุงข้อบกพร่องซึ่งกันและกัน เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันและกัน วัตถุช่วยคิด (Object-to-think-with) สามารถส่งเสริม และสนับสนุน การสร้างเรื่องเล่าดิจิตอล

Shaw (1995) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบสภาพแวดล้อมสำหรับสังคม คอนสตรักชันนิซึม ในการพัฒนาสังคมและการเปลี่ยนแปลงในสังคมเมือง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาการทางด้านการรู้-คิด (cognitive) ของแต่ละคนมีลักษณะเป็นอย่างไร โดยมีเทคโนโลยีเป็นเครื่องนำทาง โดยวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับ กระบวนการ การกระทำ และเครื่องมือ (tools) องค์ประกอบที่สำคัญในการศึกษาคือ สังคมเครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือที่เรียกว่า MUSIC (multi use sessions in community) ที่ออกแบบสนับสนุนสภาพแวดล้อมของสังคมคอนสตรักชันนิส ผลการศึกษาพบว่า แต่ละคนยากที่จะประสบผลสำเร็จในการกระทำที่ปราศจากการสนับสนุนของเพื่อนๆ เครื่องมือง่ายๆ สำหรับการสร้างสังคม คอนสตรักชันนิซึม คือ การใช้เทคโนโลยีในการจัดการกิจกรรม และสร้างสรรค์สังคม การพัฒนาจะต้องมีเครื่องมือที่เพียงพอดังเช่น เครื่องมือในการสื่อสาร ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญในการที่จะเปิดประตูสู่ความคาดหวังใหม่ๆ ทุกคนจะต้องร่วมกันในการแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ระหว่างผู้เชี่ยวชาญและผู้เริ่มต้น โดยผู้เชี่ยวชาญจะได้รับสิ่งแปลกใหม่จากผู้เริ่มต้น และผู้เริ่มต้นก็จะได้สิ่งแปลกใหม่จากผู้เชียวชาญ แต่ทั้งนี้จะต้องอยู่ที่ความจริงจังของทั้งสองฝ่าย

สรุปงานวิจัยต่างประเทศ ผลการวิจัยพบว่า การสร้างพลังและจินตนาการในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้โดยทฤษฎี คอนสตรักชันนิซึม การสร้างและการออกแบบการเรียนรู้จะเน้นที่นำสิ่งที่ที่ปรากฏมาออกแบบโดยเน้นไปที่กิจกรรมการออกแบบและสร้างเครื่องมือ ซึ่งงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า การสร้างเครื่องมืออย่างไรทำให้เกิดสภาพแวดล้อมความเป็นมิตรและสนุกสนานและมั่นคง ซึ่ง Zukerman ได้ศึกษาเครื่องมือ (วัตถุช่วยคิด) ที่เรียกว่า ระบบบล็อก ที่ทำให้เด็กอายุ 5 ขวบเข้าใจ

ระบบพลวัตร Raffle ศึกษา Topobo พบว่าเด็กอายุ 5-13 ปี สามารถสร้างสรรค์กับ Topobo เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ Hlubinka พบว่าทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมทำให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันโดยวัตถุช่วยคิดสามารถส่งเสริมและสนับสนุน การสร้างเรื่องเล่าดิจิตอล และ Shaw พบว่าเครื่องมือเป็นสิ่งสำคัญในองค์ประกอบของการศึกษา เป็นกุญแจสำคัญในการที่จะเปิดประตูสู่ความคาดหวังใหม่ๆ ทุกคน

สรุปการตรวจเอกสาร

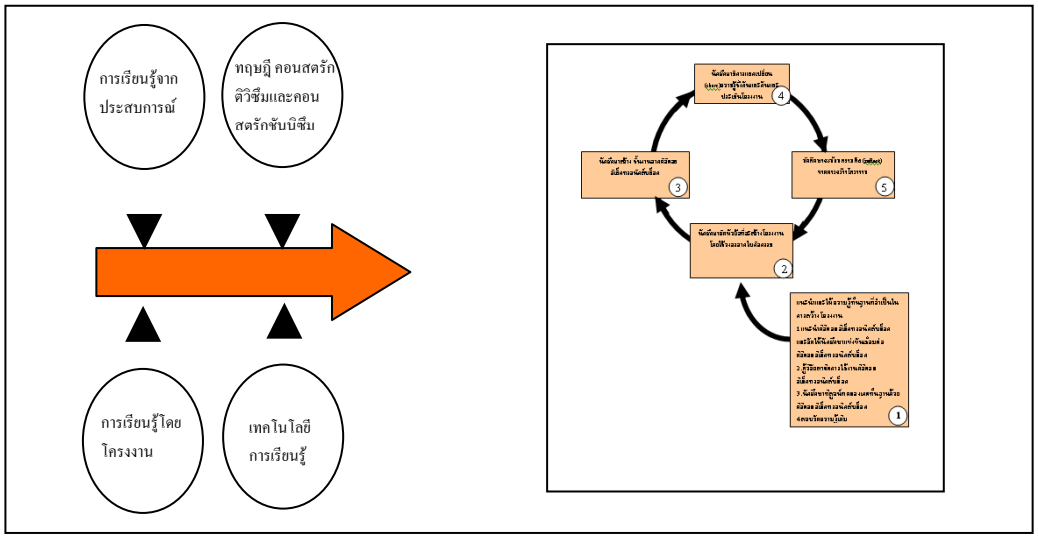
จากการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยต่างๆ ผู้วิจัยสามารถสรุปประเด็นที่สำคัญแต่ละประเด็นที่เกี่ยวข้องดังนี้

ประเด็นแนวคิดและทฤษฎี

จากแนวคิดทฤษฎี การเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Lewin, Dewey และ Kolb ทำให้ผู้วิจัยทราบว่าการสร้างความรู้เกิดจากกระบวนการของขั้วตรงข้ามระหว่าง Concrete Experience (รูปธรรม) และ Abstract Conceptualization (นามธรรม) โดยการกระทำสิ่งที่เป็นรูปธรรมให้เป็นความรู้ที่เป็นนามธรรมจะใช้กระบวนการ Reflective Observation และถ้าต้องการกระทำความรู้ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมจะใช้กระบวนการ Active Experimention และขั้วระหว่าง Active Experimention และ Reflective Observation จะต้องมีความสมดุลย์

สำหรับมุมมองการเรียนรู้ตามแนวคิด คอนสตรักติวิซึมและ คอนสตรักชันนิซึม ผู้วิจัยพบว่าแนวคิดของ Piaget เมื่อบุคคลปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม บุคคลนั้นจะใช้จะใช้กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ ในการกระทำต่อสิ่งที่เป็นรูปธรรม(concrete) ให้เป็นนามธรรม (abstract) แต่ถ้าทำตรงข้ามกันโดยใช้กระบวนการ ปรับโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา ส่วนแนวคิดของ Papert เมื่อต้องการกระทำสิ่งที่เป็นรูปธรรม(concrete) ให้เป็นนามธรรม (abstract) จะใช้วัตถุช่วยคิดในการกระทำ ซึ่งถ้าทำตรงข้ามกันก็ใช้ วัตถุช่วยคิดเช่นเดียวกัน นอกจากนั้น Vygotsky ยังเสนอแนวคิดในการกระทำ ระหว่างขั้นตรงข้ามระหว่าง Concrete Experience (รูปธรรม) และ Abstract Conceptualization (นามธรรม) จะใช้ กระบวนการสังคมและวัฒนธรรม

อีกทั้งแนวคิดกระบวนการในการสร้างโครงงานที่นำเสนอองค์ประกอบของการทำโครงงานและรูปแบบของการทำโครงงานจนกระทั้งเทคโนโลยีในการเรียนรู้ในการช่วยคิดและสร้างสรรค์ความรู้ ทำให้เกิดขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน แสดงดังภาพที่ 2.5 โดยขั้นตอนประกอบไปด้วย 1) แนะนำรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก และสอบวัดความรู้เดิม 2) นักศึกษาคิดหัวข้อที่จะสร้างโครงงานโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม 3) นักศึกษาสร้างชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 4) นักศึกษามีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 5) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการสร้างโครงงาน



ภาพที่ 2.4 แสดงแนวคิดทฤษฎีสู่กิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ประเด็นการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

ในการนำขั้นตอนไปใช้กับกลุ่มประชากรที่ศึกษาในห้องเรียน ผู้วิจัยได้ใช้ควบคู่กับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คู่มือดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก โดยในการดำเนินการทดลองจะใช้การประเมินคือ การประเมินเพื่อดูผลการเรียนรู้ใน 4 ด้านคือ มโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ การแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ การเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ และการสะท้อนความคิดจากการกระทำของนักศึกษา

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

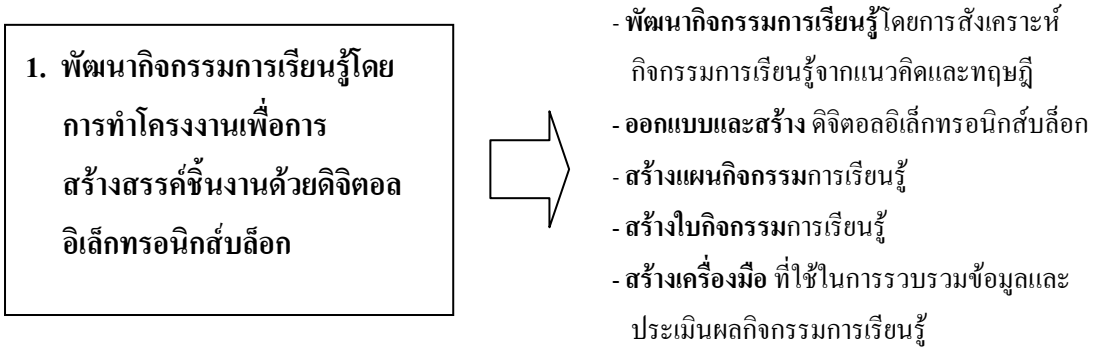
ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยการออกแบบกิจกรรมและสร้างเครื่องมือต่างๆ โดยกระบวนการวิจัยออกเป็น 2 ระยะดังต่อไปนี้

1. การวิจัยระยะที่ 1 พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก โดยการสังเคราะห์จากแนวคิดและทฤษฎี และสร้างเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้

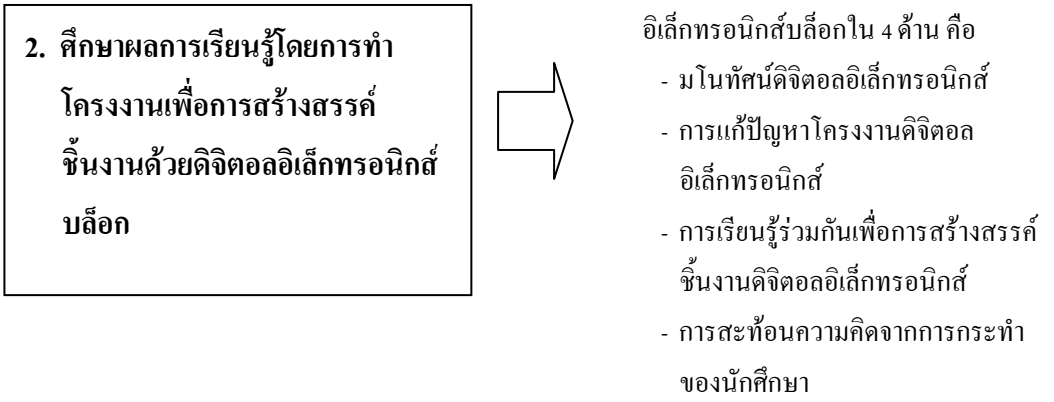
2. การวิจัยระยะที่ 2 ศึกษาผลการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก โดยการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย

โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 3.1

ระยะที่ 1



ระยะที่ 2



ภาพที่ 3.1 กระบวนการวิจัย

ประชากรที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 1 ห้อง 36

การวิจัยระยะที่ 1 พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกและสร้างเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้

1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและแนวคิดต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยได้อาศัยแนวคิดจากทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมและคอนสตรักชันนิซึม ผสมผสานกับทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Lewin, Dewey และ Kolb มาใช้ในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ อีกทั้งแนวคิดในการเรียนรู้โดยโครงงาน และเทคโนโลยีการเรียนรู้ดังนี้

ทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมและคอนสตรักชันนิซึม

ทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมและคอนสตรักชันนิซึม เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยความรู้ไม่ง่ายที่จะถ่ายทอดจากผู้สอนไปยังผู้เรียน ผู้เรียนจะต้องสร้างความรู้ด้วยตนเอง Piaget และ Papert ได้อธิบายแนวคิดในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยทั้งสองได้อธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนรู้และการรู้คิดของมนุษย์ ซึ่ง Piaget อธิบายถึงการพัฒนาของมนุษย์จากทารกจนถึงผู้ใหญ่ มีการพัฒนามุมมองต่อโลกจากรูปธรรมไปยังนามธรรม ซึ่งกระบวนการพัฒนาจะเกิดเป็นวงจรเมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม กระบวนการพัฒนาจะต้องใช้กระบวนการดูดซึมประสบการณ์ และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ความเชื่อของ Piaget เชื่อในการเรียนรู้ที่ปราศจากการสอน ส่วน Papert อธิบายว่า การพัฒนามุมมองต่อโลกจาก รูปธรรมไปยังนามธรรมจะต้องใช้ วัตถุช่วยคิดในการสร้างความเข้าใจ สำหรับแนวคิดของ Vygotsky อธิบายเกี่ยวกับขั้วตรงข้ามระหว่างรูปธรรมและนามธรรมในการเรียนรู้ว่าสังคมและวัฒนธรรมมีผลต่อการสร้างความรู้และการเรียนรู้ของมนุษย์ ประสบการณ์การกระทำภายนอกมีผลกระทบต่อประสบการณ์ภายในสมองของคนเรา และสิ่งที่อยู่ในสมองมีผลกระทบต่อการกระทำภายนอก ซึ่งจะเป็นวงจรการเรียนรู้สลับกันไปมาไม่มีสิ้นสุด แต่สิ่งที่สำคัญของกระบวนการคือ การแลกเปลี่ยนกัน (share) กับคนอื่นๆ ซึ่งจะพบว่าแนวคิดทั้งสามอธิบายการพัฒนาการเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม ซึ่งเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเองเกิดขึ้นได้อย่างไรแต่ทั้งสามไม่ได้เน้นที่กระบวนการ

การเรียนรู้โดยโครงงาน

การเรียนรู้โดยโครงงานมีแนวคิดบนพื้นฐานของการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สำหรับการเรียนรู้โดยมีขั้นตอนโดยทั่วๆ ไปประกอบไปด้วย การเริ่มต้น (เลือกปัญหา/หัวข้อในการทำโครงงาน) การออกแบบการทำโครงงาน ลงมือทำโครงงาน การเสนอผลงานและประเมินผลงาน

เทคโนโลยีการเรียนรู้

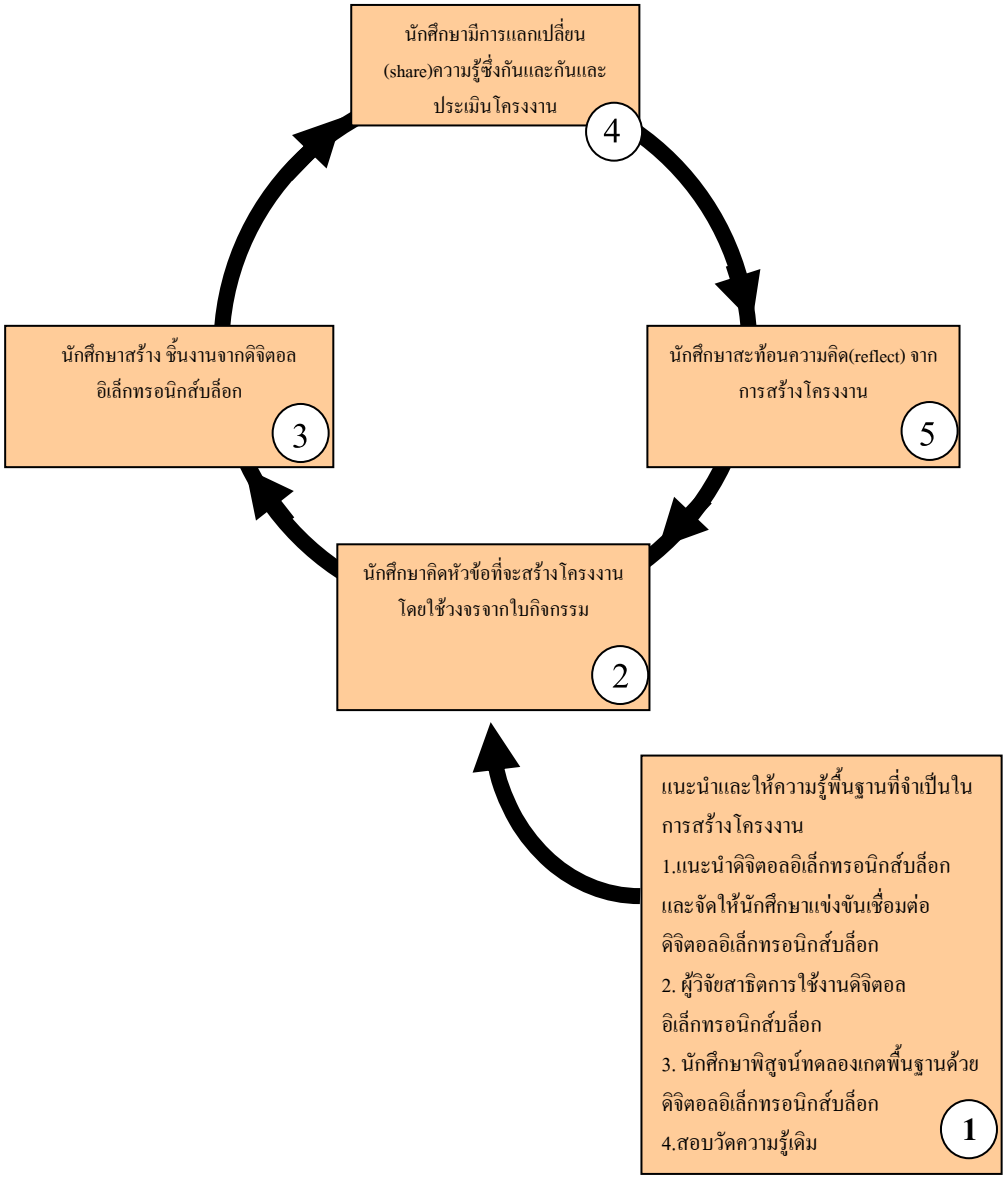
เทคโนโลยีการเรียนรู้มีความสำคัญในการสนับสนุนการเรียนรู้ในปัจจุบันโดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม คือ Digital Manipulation และ Tangible interface ทั้งสองแนวคิดมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้เกิดวัตถุช่วยคิดในการเรียนรู้มากมาย เช่น เลโกโลโก อิเล็กทรอนิกส์บล็อก โพลบล็อก ซีสเทิมบล็อก เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางและลึกซึ้งกว่าที่ผ่านมา ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดเหล่านี้ในการพัฒนาวัตถุช่วยคิดในงานวิจัยนี้คือ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์

จากการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีคอนสตรักติวิซึม คอนสตรักชันนิซึม การเรียนรู้โดยโครงงานและเทคโนโลยีการเรียนรู้เพื่อสังเคราะห์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยพบว่าทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมและคอนสตรักชันนิซึมไม่เพียงพอเนื่องจาก จะต้องมีการให้ผู้เรียนสร้างโครงงานอย่างเป็นกระบวนการเพื่อให้เกิดประสบการณ์และสร้างความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์เพิ่มเติมเข้าไป จากแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ Lewin, Dewey และ Kolb ได้อธิบายกระบวนการเกิดความรู้จากประสบการณ์ โดยเริ่มจากการสร้างความรู้ที่เป็นนามธรรม (abstract) เกิดขึ้นระหว่างขั้วประสบการณ์เชิงรูปธรรม (concrete experience: CE) กับการสร้างมโนทัศน์นามธรรม (abstract conceptualization: AC) ส่วนความรู้อีกด้านหนึ่งคือการสร้างความรู้ที่เป็นรูปธรรม (concrete) เกิดขึ้นระหว่างขั้ว การสร้างมโนทัศน์นามธรรม (abstract conceptualization: AC) กับขั้วประสบการณ์เชิงรูปธรรม(concrete experience: CE) การจะเกิดความรู้ที่เป็นนามธรรมจะต้องมีการสังเกตและสะท้อน (reflective and observations) และการจะเกิดความรู้ที่เป็นรูปธรรม (concrete) จะต้องมีการทดลองปฏิบัติจริง (active experimention) และ

การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นเมื่อขั้วระหว่าง การทดลองปฏิบัติจริง และ การสังเกตและสะท้อนมีความสมดุล จากแนวคิดพบว่าทั้งสามอธิบายการสร้างความรู้เป็นกระบวนการหรือที่เรียกว่าเป็นวงจรการเรียนรู้

จากการสังเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีข้างต้นผู้วิจัยได้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 1ก และ2ข (แสดงภาคผนวก ข) โดยกิจกรรมประกอบไปด้วย 1)แนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงานโดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 1.1) แนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกและจัดให้นักศึกษาแข่งขันเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.2) ผู้วิจัยสาธิตการใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.3) นักศึกษาพิสูจน์ทดลองเกตพื้นฐานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.4) สอบวัดความรู้เดิม 2) นักศึกษาคิดหัวข้อที่จะสร้างโครงงานโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรมโดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 2.1) ให้ใบกิจกรรมการเรียนรู้กับนักศึกษาทุกกลุ่ม 2.2) นักศึกษาคิดโครงงานจากใบกิจกรรมที่จัดให้ ระดมสมองในการคิดหัวข้อโครงงาน 2.3) นักศึกษาค้นคว้าข้อมูลเองและจัดการข้อมูลที่สัมพันธ์กับโครงงานจากแหล่งต่างๆ 2.4) ระบุขั้นตอนการดำเนินการเพื่อสร้างโครงงานจากหัวข้อ ออกแบบโครงงานและเลือกดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกที่จัดเตรียมไว้ให้ 3) นักศึกษาสร้างชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกโดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 3.1) นักศึกษาสร้างชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ 3.2) นักศึกษาทดสอบการทำงาน และปรับปรุงโครงงานให้มีประสิทธิภาพ 4) นักศึกษามีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันพร้อมประเมินโครงงาน 4.1) นักศึกษานำเสนอผลงานและอภิปรายการสร้างโครงงานและมีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 4.2) ประเมินโครงงานและปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ 5) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการสร้างโครงงาน 5.1) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการกระทำในระหว่างการสร้างโครงงานและหลังการสร้างโครงงาน 5.2) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการกระทำโดยบันทึกในอนุทินและมีขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สังเคราะห์จากทฤษฎี

จากนั้นผู้วิจัยได้นำกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปปรึกษาคณะกรรมการวิทยานิพนธ์และเสนอผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบและประเมินคุณภาพกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยได้ปรับปรุงและนำไปทดลองใช้กับประชากร ซึ่งผลในการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่สังเคราะห์จากทฤษฎีจะนำเสนอในบทที่ 4

2. การสร้างดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ผู้วิจัยได้สร้างจากแนวคิดจากทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมและคอนสตรักชันนิซึม ที่การสร้างความรู้เกิดจากการกระทำ จากรูปธรรม (concrete) ไปยังนามธรรม (abstract) และจากนามธรรมไปเป็นรูปธรรมด้วยกระบวนการ ดูดซึมประสบการณ์ และ ปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่ง Papert ได้ใช้โปรแกรม Logo สร้าง เต่าเรขาคณิต (turtle geometry) ในการสร้างการเรียนรู้คณิตศาสตร์รูปแบบใหม่ ในการเข้าใจเรขาคณิตอย่างเป็นรูปธรรม เต่าจะเป็นวัตถุช่วยคิดในการเรียนรู้เรขาคณิตเป็นวัตถุที่ทำให้เกิดการเรียนรู้จากนามรูปธรรมไปเป็นนามธรรมได้ดีและแตกต่างจากการเรียนรู้แบบเดิม โดย Papert เชื่อเช่นเดียวกับ Piaget ว่ารูปแบบที่เป็นทางการ และวัฒนธรรมมีผลต่อการเข้าถึงความรู้และการเรียนรู้ของมนุษย์ โดยเฉพาะ Papert เชื่อว่าปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเข้าถึงความรู้และการเรียนรู้คือ วัฒนธรรม และการขาดวัตถุ(materials) ที่จะทำมโนทัศน์ (concept) ง่ายๆ และเป็นรูปธรรม Papert อธิบายว่าวัฒนธรรมได้เตรียมวัตถุมากมายแต่ถูกกีดขวาง (block) ที่จะใช้วัตถุเหล่านั้น เนื่องจากวัตถุเหล่านั้นมีลักษณะที่เป็นทางการ (formal) และถูกกีดขวางด้วยวัฒนธรรม Papert เชื่อว่าคอมพิวเตอร์จะสามารถเปลี่ยนแปลงวิธีการเรียนรู้และการคิด โดยคอมพิวเตอร์จะเป็นวัตถุช่วยคิดในการสร้างความรู้ เปลี่ยนวิถีทางการเรียนรู้และสร้างสติปัญญา

จากงานวิจัยของกลุ่มโลโก ที่ห้องปฏิบัติการปัญญาประดิษฐ์ (A.I.) MIT เป็นการยืนยันแนวคิดนี้ของ Papert และต่อมาบริษัท LEGO ประเทศเดนมาร์ก ได้ร่วมมือกับ MIT ในการพัฒนาและสร้างวัตถุช่วยคิดที่เรียกว่า LEGO/Logo tc ในการช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ มโนทัศน์ ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ จากแนวคิดและหลักการข้างต้นผู้วิจัยจึงได้แนวคิดในการสร้างวัตถุช่วยคิด เพื่อให้เกิดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ สร้างความรู้ด้วยตนเอง มีทักษะในการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้วิจัยพยายามสร้างวัตถุที่จะสร้างมโนทัศน์ง่ายๆ และเป็นรูปธรรม จากการสร้างวงจรนับ ซึ่งประกอบไปด้วย วงจรรับข้อมูลจากสวิตซ์ วงจรนับ และวงจรแสดงผล ซึ่งมักจะทำบนแผ่นวงจรพิมพ์เดียวกัน ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดโดยการแบ่งวงจรออกเป็นส่วนๆ 3 ส่วนและแบ่งเป็นชิ้นโดยอิสระจากกัน ซึ่งผลปรากฏว่าสามารถที่จะนำแต่ละส่วนไปใช้งานอย่างอื่นได้นอกจากวงจรนับเพียงอย่างเดียว โดยผู้วิจัยสร้างส่วนแสดงผลเพิ่มเติมนอกจากจะแสดงผลได้อย่างเดียวสามารถขับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้เช่น มอเตอร์ รีเลย์ ฯลฯ ส่วนอินพุทแทนที่จะรับเฉพาะสวิตซ์ แบบกด ผู้วิจัยสร้างเพิ่มเติมให้สามารถรับแสงสว่างได้ จากนั้นผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์โปรแกรมได้ที่เรียกว่า CPLD (complex programmable logic device) มาใช้แทนวงจรทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีข้อจำกัดคือเป็นวงจรเฉพาะที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ให้สามารถในการสร้างวงจรอะไรก็ได้โดยอิสระจากนั้นผู้วิจัยได้นำไปเป็นวัตถุช่วยคิดในการสร้างหุ่นยนต์และสร้าง

โครงงานต่างๆ ได้มากมาย ผู้วิจัยจึงได้สร้างดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกนี้ขึ้น โดยผู้วิจัยได้ยึดหลักในการออกแบบตามแนวคิดในการสร้าง Construction Kit ของ Resnick และ Silverman เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ สำหรับการสร้างและลักษณะดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกนำเสนอในบทที่ 4

3. การสร้างแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยสร้างแผนการเรียนรู้จากขั้นตอนกิจกรรมที่ได้จากการสังเคราะห์ทฤษฎีหลักการดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก เนื้อหาในรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 และ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ มาดำเนินการสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยได้นำไปปรึกษาคณะกรรมการการวิจัยและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินคุณภาพของแผนกิจกรรมการเรียนรู้ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขและใช้ในการทดลองกับกลุ่มประชากร โดยมีแผนกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 2 แผน (แสดงภาคผนวก ข)

4. การสร้างใบกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยยึดแนวคิดการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ของ Resnick ที่ได้แสดงความคิดเห็นว่าในการทดลองในห้องปฏิบัติการแบบเดิมว่า นักศึกษาจะเสียเวลาไปกับการอ่านและศึกษาขั้นตอนจากใบงานหรือที่ Resnick เรียกว่า Cookbook นักศึกษาเสียเวลามากในการที่จะต้องทำตามขั้นตอนเหมือนการทำอาหารจากคู่มือ แทนที่จะใช้เวลาเหล่านั้นในการคิดสร้างสรรค์เรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ให้มากขึ้น แต่การทดลองนักศึกษาส่วนใหญ่จะเสียเวลากับเรื่องนี้มาก ผู้วิจัยจึงได้สร้างใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นในลักษณะเปิดกว้างให้นักศึกษาได้ใช้เวลาส่วนใหญ่ในการสร้างความเข้าใจด้วยตนเองให้มากที่สุดตามวิธีการของนักศึกษาเอง พยายามให้นักศึกษาได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการที่จะสร้างมโนทัศน์ของตนเอง จากกรอบแนวคิดนี้ผู้วิจัยนำมาสร้างใบกิจกรรมการเรียนรู้ ตามมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่ในเนื้อหาวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 จากนั้นผู้วิจัยได้นำไปปรึกษาคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ตรวจสอบและประเมินคุณภาพ จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในการวิจัย (แสดงภาคผนวก ค)

5. การสร้างเครื่องมือและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลและประเมินผลการเรียนรู้ประกอบด้วย

5.1 แบบทดสอบมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์เรื่อง วงจรเชิงจัดหมู่และวงจรเชิงลำดับ เป็นแบบวัดความรู้มโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหาที่จะใช้สอนในรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 ในหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

พ.ศ. 2548 ประกอบด้วยข้อคำถามชนิดเลือกตอบ (multiple choices) แบบ 4 ตัวเลือกโดยมีการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

5.1.1 ศึกษาเนื้อหาวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 เพื่อทำการวิเคราะห์มโนทัศน์ที่สำคัญในเรื่อง วงจรเชิงจัดหมู่และวงจรเชิงลำดับ(แสดงภาคผนวก ค)

5.1.2 สร้างแบบทดสอบการเรียนรู้มโนทัศน์วิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 วิเคราะห์เนื้อหาที่จัดทำขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 70 ข้อ นำแบบทดสอบไปให้อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญการสอนทางด้านดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 3 คนตรวจสอบความตรงของเนื้อหาเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

5.1.3 นำแบบทดสอบการเรียนรู้มโนทัศน์วิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ใช่กลุ่มประชากรจำนวน 40 คนเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบได้แก่ หาค่าความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (cronbachs'alpha coefficient) ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจการจำแนกดังนี้ 1) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่า 0.780 2) ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27-0.75 และ 3) ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.23-0.73

5.2 แบบทดสอบการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแบบทดสอบการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามเนื้อหาที่จะใช้สอนในรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 ในหลักสูตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี พ.ศ. 2548 ประกอบด้วยสถานการที่เป็นปัญหาทั้งทางด้านเนื้อหาและการปฏิบัติโดยมีการสร้างและตรวจสอบ คุณภาพดังนี้

5.2.1 ศึกษาเนื้อหาวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 เพื่อทำการวิเคราะห์เนื้อหาที่สำคัญในเรื่องวงจรเชิงจัดหมู่และวงจรเชิงลำดับ (แสดงภาคผนวก ค)

5.2.2 สร้างแบบทดสอบที่เป็นสถานการณ์ปัญหาทางด้านเนื้อหาและการปฏิบัติโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 6 สถานการณ์แล้วนำแบบทดสอบไปให้อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญการสอนทางด้านอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 3 คนตรวจสอบความตรงของเนื้อหา

5.2.3 นำแบบแบบทดสอบที่เป็นสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ที่กำลังเรียนในรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 จำนวน 5 คน จำนวน 6 สถานการณ์ เพื่อทดสอบคุณภาพของแบบทดสอบด้านความเข้าใจข้อความในสถานการณ์ ความเหมาะสมของเวลา โดยมีอาจารย์ประจำวิชาเป็นผู้สังเกตการณ์และให้คำแนะนำในบางประเด็นที่สำคัญ

5.3 แบบประเมิน Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน ประกอบด้วยแบบประเมินที่อาจารย์ใช้ประเมินนักศึกษา และแบบประเมินที่นักศึกษาใช้ประเมินตนเอง ผู้วิจัยมีขั้นตอนในการสร้างรูบริคส์สำหรับประเมินโครงงานที่นักศึกษาสร้างขึ้นมาดังนี้

5.3.1 กำหนดเกณฑ์ระดับของคุณภาพของสิ่งที่ต้องการประเมิน

5.3.2 สร้าง Scoring Rubrics ตามเกณฑ์และระดับของคุณภาพของสิ่งที่กำหนดไว้

5.3.3 นำ Scoring Rubrics ที่สร้างขึ้นให้คณะกรรมการที่ปรึกษาการวิจัยและผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงของแบบประเมินและทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำที่ได้รับก่อนนำไปใช้

5.4 การสัมภาษณ์ เป็นการรวบรวมข้อมูล เชิงคุณภาพ ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้นักศึกษาทุกคนได้แสดงความคิดเห็น การสัมภาษณ์เป็นการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างเพราะต้องการถามโดยไม่จำกัดความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์

5.5 แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษา (อนุทิน) บันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษาเป็นการบันทึกถึงสิ่งที่นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ ความรู้สึก ความคิดเห็นต่อโครงงานที่ทำ ความเข้าใจและการนำทฤษฎีไปใช้งานการรู้จักกับปัญหาและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น การเรียนรู้ร่วมกัน การวางแผนการทำงาน การสะท้อนความคิดเห็นต่องานที่ทำก่อนและหลังการสร้างโครงงาน ผลของการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ การแก้ปัญหาโครงงาน การบันทึกการเรียนรู้ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

5.5.1 ให้นักศึกษามีการบันทึกอนุทินทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรม โดยบันทึกทุกครั้งหลังการเรียน โดยมีกำหนดในการส่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไปตลอดระยะเวลาของการวิจัย 12 สัปดาห์ แต่ละคนจะต้องส่งบันทึกทั้งหมด 12 ครั้ง และบันทึกการสะท้อนความคิดเห็นก่อนและหลังการทำโครงงาน

5.5.2 ผู้วิจัยจะอ่านบันทึกการเรียนรู้และการแก้ปัญหา และทำการบันทึกความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับนักศึกษาโดยเร็ว และข้อมูลการบันทึกของนักศึกษาจะใช้ในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

5.6 แบบรายงานโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ นักศึกษาจะเขียนรายงานการสร้างโครงงานส่งทุกครั้งที่ชิ้นงานสำเร็จ

5.7 บันทึกวีดิทัศน์กิจกรรมการเรียนรู้ทุกครั้งที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้

การวิจัยระยะที่ 2 ศึกษาผลการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ผู้วิจัยได้ใช้แผนกิจกรรมการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนและทำการเก็บข้อมูลก่อนจัดกิจกรรม ในระหว่างการจัดกิจกรรมและหลังการทำกิจกรรม โดยวิเคราะห์ผลหลังการจัดกิจกรรมดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการศึกษาผลการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้วิจัยทำหน้าที่อาจารย์ผู้สอนรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 แก่ประชากรในการวิจัยที่เป็นนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 1 หลักสูตร 2 ปีหลังอนุปริญญาของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีจำนวน 36 คน โดยในช่วงสัปดาห์แรก ผู้วิจัยได้แนะนำรายวิชาแนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ทดสอบวัดความรู้เดิม จากนั้นผู้วิจัยได้ทดลองและเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 11 สัปดาห์

2. ทดสอบวัดความรู้พื้นฐาน ผู้วิจัยทดสอบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในด้านมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 60 ข้อ โดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยวางแผนการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

3.1 ทำการบันทึกวีดีทัศน์กิจกรรมการเรียนการสอนทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้อาศัยเจ้าหน้าที่ฝ่ายโสตทัศน์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชเพชรบุรี เป็นผู้ช่วยวิจัยทำหน้าที่บันทึกวีดีทัศน์ให้

3.2 สัมภาษณ์กลุ่มที่ศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลทางลึกเกี่ยวกับแนวคิดและการแก้ปัญหาโครงงาน และการเรียนรู้ร่วมกัน การสะท้อนความคิดเห็นจากการทำโครงงาน

3.3 สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มที่ศึกษา

3.4 อ่านบันทึกการเรียนรู้ (อนุทิน) ของนักศึกษาแล้วให้ข้อคิดเห็นและข้อมูลย้อนกลับเสมอ

3.5 อ่านรายงานโครงงานที่นักศึกษาเขียนรายงานส่งเมื่อทำชิ้นงานเสร็จ

4. ตรวจสอบความรู้หลังการจัดกิจกรรม ด้วยเครื่องมือและวิธีการเดียวกับการตรวจสอบก่อนเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลจากแบบทดสอบมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ข้อมูลจากแบบทดสอบการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยให้คะแนนโดยใช้ Scoring Rubrics ใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ในการตีความหมาย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50	อยู่ในระดับคุณภาพ 1 คือ ขั้นเริ่มฝึกหัด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50	อยู่ในระดับคุณภาพ 2 คือ ขั้นฝึกหัด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50	อยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นชำนาญ
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.00	อยู่ในระดับคุณภาพ 4 คือ ขั้นเชี่ยวชาญ

3. ข้อมูลจากการประเมิน Scoring Rubrics ด้านการเรียนรู้ร่วมกัน ด้านการปฏิบัติงานและชิ้นงาน ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้ในการตีความหมาย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50	อยู่ในระดับคุณภาพ 1 คือ ขั้นเริ่มต้น
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50	อยู่ในระดับคุณภาพ 2 คือ ขั้นพัฒนา
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50	อยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นทำได้สำเร็จ
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.00	อยู่ในระดับคุณภาพ 4 คือ ขั้นเป็นแบบอย่าง

4. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องและมากพอที่มองเห็นข้อสรุปรวมที่ได้โดยผู้วิจัยมองในลักษณะมิติต่างๆ ของการเรียนรู้ และทำการวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปโดยมีวิธีการดังนี้

4.1 กลั่นกรองข้อมูล จากข้อมูลดิบที่ได้จาก บันทึกอนุทิน รายงานโครงงานและการสัมภาษณ์

4.2 จัดกลุ่มข้อมูล จากข้อมูลในขั้นที่ 1 โดยการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลตามคุณลักษณะและความเชื่อมโยงระหว่างประเด็น

4.3 วิเคราะห์และสังเคราะห์แบบแผนความสัมพันธ์ภายในกลุ่มของข้อมูลเพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มข้อมูลที่จัดไว้แล้ว เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการอธิบายปรากฏการณ์

ตารางที่ 3.1 สรุปเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูล	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล
1. มโนทัศน์ด้านดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	1. แบบวัดมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	ก่อนและหลังการเรียน
	2. แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษา (อนุทิน) ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	ระหว่างการเรียน
	3. แบบรายงานโครงงานของนักศึกษา	ระหว่างการเรียน
	4. การสัมภาษณ์	ระหว่างการเรียน
2. การแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	1. แบบวัดการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	หลังการเรียน
	2. แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษา (อนุทิน)แก้ปัญหา	ระหว่างการเรียน
	3. รายงานโครงงานของนักศึกษา	ระหว่างการเรียน
	4. การสัมภาษณ์	ระหว่างการเรียน
3. การเรียนรู้ร่วมกัน	1. แบบประเมินรูบริคส์ด้านกระบวนการเรียนรู้	ระหว่างการเรียน
	2. แบบประเมินรูบริคส์ด้านความสามารถในการปฏิบัติงาน	ระหว่างการเรียน
	3. แบบประเมินรูบริคส์ด้านชิ้นงาน	ระหว่างการเรียน
	4. แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษา (อนุทิน)	ระหว่างการเรียน
4. การสะท้อนความคิดจากการกระทำ	1. แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักศึกษา (อนุทิน)	ระหว่างการเรียน
	2. แบบรายงานโครงงานของนักศึกษา	ระหว่างการเรียน
	3. การสัมภาษณ์	ระหว่างการเรียน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก สำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลและผลการวิจัยเป็นลำดับดังนี้

ผลการวิจัยระยะที่ 1

1. ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

   - ผลการปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้
   - ผลการปรับกิจกรรมครั้งที่ 1
   - ผลการปรับกิจกรรมครั้งที่ 2

2. ผลการพัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

   - ทดสอบแนวคิดดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก
   - การพัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก
   - การสร้างและทำการทดสอบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ผลการวิจัยระยะที่ 2

1. ข้อมูลทั่วไปของประชากร

2. ผลการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

   - ข้อมูลเชิงปริมาณ
   - ข้อมูลเชิงคุณภาพ

3. ผลการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

- ข้อมูลเชิงปริมาณ
- ข้อมูลเชิงคุณภาพ

4. ผลการเรียนรู้ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

- ข้อมูลเชิงปริมาณ
- ข้อมูลเชิงคุณภาพ

5. ผลการเรียนรู้ด้านสะท้อนความคิดจากการกระทำ

- ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิจัยระยะที่ 1

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยได้นำเสนอผล 2 ประเด็นคือ 1) ผลการปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ 2) ผลการพัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ผลการปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้จากการสังเคราะห์ทฤษฎี

ผลการทดลองใช้แผนกิจกรรมการเรียนรู้และขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานพบว่า ในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 1 ผู้วิจัยแนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงาน โดยผู้วิจัยแนะนำรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก เนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์และสอบวัดความรู้เดิม โดยในการแนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกผู้วิจัยจัดให้นักศึกษาแข่งขันด้วยการนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกมาสร้างเป็นรูปร่างต่างๆ ตามจิตนาการ (แสดงภาคผนวก ช) จากนั้นผู้วิจัยได้สาธิตเกตพื้นฐานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ให้นักศึกษานำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกมาพิสูจน์ความรู้เกตพื้นฐานทางด้านดิจิตอล โดยสร้างเป็นหุ่นยนต์ ซึ่งก่อนที่นักศึกษาจะสร้างหุ่นยนต์ผู้วิจัยได้ให้คู่มือการใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

(แสดงภาคผนวก ง) กับนักศึกษาเพื่อสร้างหุ่นยนต์ในการทดสอบเกตพื้นฐาน ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาสามารถใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกโดยบรรยากาศเป็นไปอย่างสนุกสนาน ผู้วิจัยพบว่าในสัปดาห์แรกของการทำตามแผนกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 1 ไม่มีอุปสรรคแต่อย่างใด แต่เมื่อเข้าสู่แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 2 คือสัปดาห์ที่ 2 ผู้วิจัยได้ให้ใบกิจกรรมการเรียนรู้กับนักศึกษา โดยให้นักศึกษาคิดและสร้างโครงงานจากใบกิจกรรมเหล่านั้น ผลการวิจัยพบว่าบรรยากาศเริ่มมีความตึงเครียดเกิดขึ้น เนื่องจากนักศึกษาพยายามคิดโครงงานจากใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยให้คิดและสร้างโครงงานจากใบกิจกรรมนั้น ประกอบกับความเร่งรีบเพื่อให้ทันกับกรอบเวลาที่ผู้วิจัยกำหนด

ในสัปดาห์ที่ 2 นักศึกษายังไม่ได้ข้อสรุปใดๆ เกี่ยวกับหัวข้อโครงงานที่จะสร้าง สัปดาห์ที่ 3 ผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาคิดโครงงานต่อจากสัปดาห์ที่ผ่านมา บรรยากาศเริ่มผ่อนคลายแต่ละกลุ่มเล่นและพูดคุยกัน โดยไม่ได้สนใจการคิดหัวข้อโครงงาน ผู้วิจัยพยายามแนะนำและยกตัวอย่างโครงงานง่ายๆ แต่นักศึกษายังคงไม่สนใจและแสดงความน่าเบื่อหน่ายในการคิดโครงงาน ในสัปดาห์นี้มีเพียงกลุ่มเดียวจากทั้งหมด 9 กลุ่ม ที่คิดหัวข้อได้ แต่เมื่อลงมือสร้างโครงงาน นักศึกษาเกิดความล้มเหลวเนื่องจากโครงงานมีความซับซ้อนเกินความสามารถของนักศึกษาทำให้โครงงานล้มเหลวจึงต้องเริ่มคิดโครงงานใหม่อีกครั้ง สัปดาห์ที่4 ผู้วิจัยยังคงให้นักศึกษาคิดหัวข้อต่อจากสัปดาห์ที่แล้ว ในสัปดาห์นี้มีนักศึกษากลุ่มหนึ่งเล่นกับหุ่นยนต์ที่ภายในกลุ่มสร้างขึ้นมาเพื่อเล่นกันสนุกๆ จากการคิดหัวข้อโครงงานไม่ได้ หุ่นยนต์สร้างจากวงจรเกตง่ายๆ จากความรู้ที่เคยสร้างมาในสัปดาห์แรกของการสร้างโครงงาน ผู้วิจัยจึงสอบถามนักศึกษาสร้างสิ่งเหล่านี้ได้อย่างไร ผลจากการสอบถามพบว่านักศึกษาทำสิ่งนี้เพื่อเล่นสนุกกันเพราะว่าคิดโครงงานจากใบกิจกรรมเป็นเรื่องยากและน่าเบื่อหน่ายจึงทำให้เกิดความเครียด จึงทำอะไรเล่นกันสนุกๆ เท่านั้น ผู้วิจัยจึงนำเรื่องนี้เป็นตัวอย่างให้กับนักศึกษากลุ่มอื่นๆในการสร้างโครงงาน

จากปรากฏการณ์ที่ได้ทดลองใช้แผนกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 1 ที่สังเคราะห์จากทฤษฎีและผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและคณะกรรมการที่ปรึกษาแล้ว นำไปทดลองใช้จริง สัปดาห์แรกไม่มีปัญหาเกิดขึ้น แต่ 3 สัปดาห์ต่อมาสัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง พบว่านักศึกษาไม่สามารถคิดและสร้างโครงงานได้ ทำให้ผู้วิจัยมีความจำเป็นต้องปรับกิจกรรมการเรียนรู้ภายใต้เหตุผลคือ 1) นักศึกษาไม่สามารถที่จะสร้างโครงงานได้และไม่สำเร็จตามเวลาที่กำหนด 2) เมื่อผู้วิจัยได้ทดลองใช้รูปแบบกิจกรรมนี้เมื่อพิจารณาตามแนวคิด คอนสตรักชันนิซึม ที่ผู้วิจัยกลับไปทบทวนอีกครั้งเมื่อนักศึกษาทำโครงงานไม่สำเร็จทำให้ผู้วิจัยมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด คอนสตรักชันนิซึม

มากขึ้นหลังจากผู้วิจัยได้ใช้งานทฤษฎีนี้ในสถานการณ์จริงใน 4 สัปดาห์ 3) ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาที่สร้างหุ่นยนต์เล่นกันอย่างสนุกคือ เหตุการณ์ที่มีความเป็นไปได้ที่นักศึกษาจะสร้างโครงงานได้สำเร็จนอกเหนือจากรูปแบบที่ผู้วิจัยกำลังทำอยู่และผู้วิจัยจำเป็นที่จะต้องปรับรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งในการปรับผู้วิจัยยังคงใช้กรอบแนวคิด คอนสตรักชันนิซึมและการเรียนรู้จากประสบการณ์ เป็นกรอบในการปรับกิจกรรม

ผลการปรับกิจกรรมครั้งที่ 1

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาสามารถสร้างโครงงานได้ในสัปดาห์ที่ 5 สาเหตุที่นักศึกษาไม่สามารถที่จะคิดโครงงานได้เพราะไปจำกัดความคิดของนักศึกษาให้คิดในสิ่งที่ผู้สอนต้องการแต่นักศึกษาไม่ต้องการ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้นักศึกษาได้เล่นกับแนวคิดของตนเองก่อนโดยผู้วิจัยเปิดกว้างในการให้นักศึกษาสร้างและคิดโครงงานอะไรก็ได้ โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ โดยให้นักศึกษามีโอกาสเล่นกับ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกให้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้นักศึกษาสามารถสร้างโครงงานได้ ดังนั้นจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้จนกระทั้งนักศึกษาสร้างโครงงานได้กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย

1. แนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงาน โดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 1.1) แนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกและจัดให้นักศึกษาแข่งขันเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.2) ผู้วิจัยสาธิตการใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.3) นักศึกษาพิสูจน์ทดลองเกตพื้นฐานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ซึ่งในขั้นนี้จะทำซ้ำเหมือนกับการจัดกิจกรรมครั้งแรกเพื่อให้นักศึกษามีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

2. นักศึกษาเล่น (play) กับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก โดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 2.1) นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามที่นักศึกษาต้องการ 2.2) ผู้วิจัยคอยให้ความช่วยเหลือ

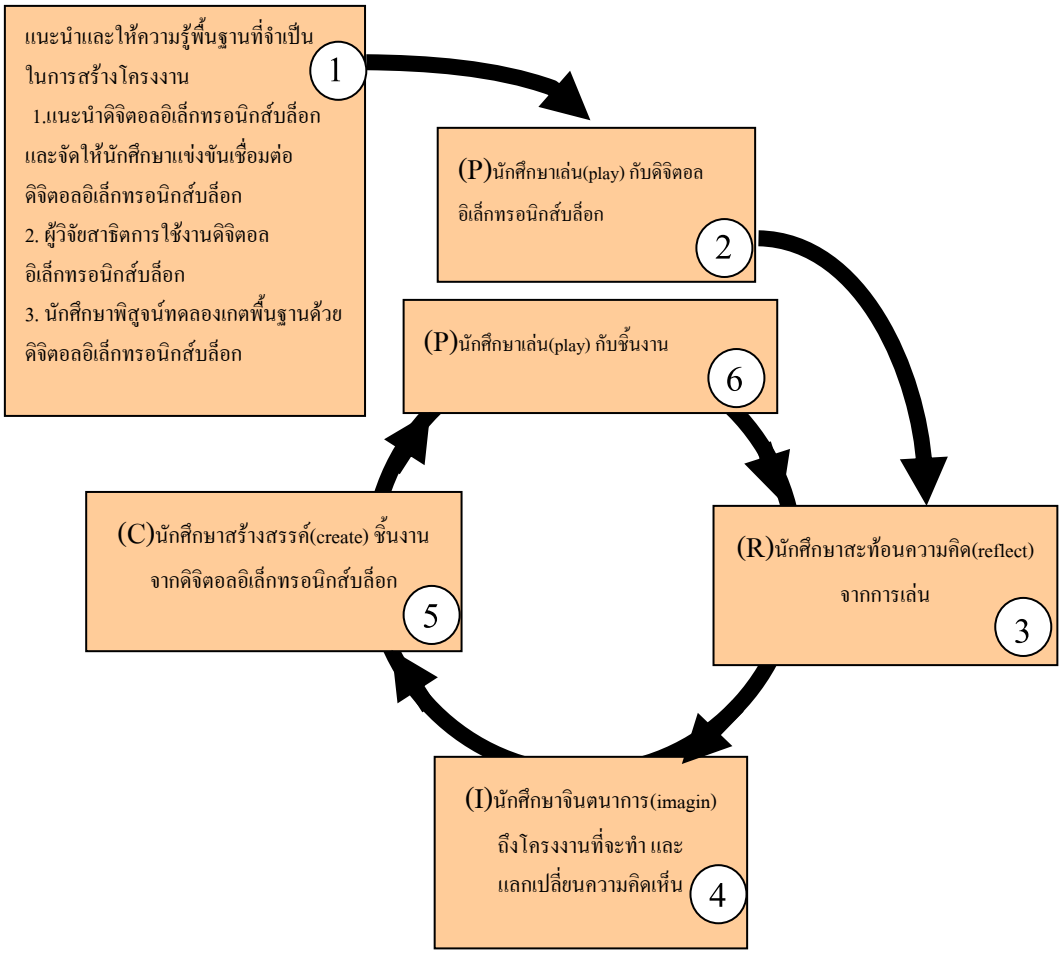
3. นักศึกษาสะท้อนความคิด (reflect) จากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก โดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 3.1) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 3.2) นักศึกษาสรุปความรู้และแนวคิดหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่ได้รับจากการเล่น

4. นักศึกษาจินตนาการ (imagin) ถึงโครงงานที่จะทำและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน โดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 4.1) นักศึกษาจินตนาการถึงโครงงานที่จะสร้างโดยใช้ความรู้และแนวคิดจากการสะท้อนความคิดจากการกระทำ 4.2) นักศึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนที่จะสร้างโครงงาน

5. นักศึกษาสร้างสรรค์ (create) ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก โดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 5.1) นักศึกษาสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยวัสดุและดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 5.2) นักศึกษาทดสอบการทำงานและปรับปรุงชิ้นงาน 5.3) นักศึกษาสะท้อนความคิดในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและเมื่อเกิดปัญหา

6. นักศึกษาเล่น (play)กับชิ้นงาน โดยกิจกรรมกระทำดังนี้ 6.1) นักศึกษาเล่นกับชิ้นงานสำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้าง 6.2) นักศึกษาแลกเปลี่ยน (share) ความรู้และแนวคิดในขณะเล่นกับคนอื่นๆ รอบๆ ตัวโดยใช้วงจรการเรียนรู้ระหว่างประสบการณ์ภายในกับภายนอก

ดังนั้นขั้นตอนการทำโครงงานจึงปรับเปลี่ยนจากการให้นักศึกษาคิดโครงงานเป็นให้นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกก่อน ขั้นตอนการทำโครงงานที่ปรับใหม่แสดงขั้นตอนดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการปรับกิจกรรมครั้งที่ 1

ผลการปรับกิจกรรมครั้งที่ 2

การปรับรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 2 ภายใต้เหตุผลคือ 1) นักศึกษามีการใช้วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ในการสร้างโครงงานซ้ำๆ กันมีเพียงวงจรนับและฟลิบฟลอบเท่านั้น 2) นักศึกษาใช้เวลามากในการสร้างโครงงาน 3) ผู้วิจัยต้องการให้นักศึกษาสร้างโครงงานได้ครอบคลุมเนื้อหาในรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำใบกิจกรรมมาใช้อีกครั้ง โดยกิจกรรมมีดังนี้

1. ให้ใบกิจกรรมกับนักศึกษา ผู้วิจัยให้ใบกิจกรรมกับนักศึกษาอีกครั้งโดยให้ใช้วงจรจากใบกิจกรรมในการสร้างโครงงาน ซึ่งที่ผ่านมานักศึกษาทำไม่ได้

2. นักศึกษาเล่น (play) กับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก หลังจากที่ผู้วิจัยนำใบกิจกรรมกลับมาใช้อีกครั้งพบว่า นักศึกษาได้นำวงจรดิจิตอลจากใบกิจกรรมมาทดสอบการทำงานเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรดิจิตอลโดยใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการทดสอบ ในการทดสอบวงจรและแนวคิดของตนเอง ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาเล่นกันอย่างสนุกสนานกับวงจรจากใบกิจกรรมโดยมีดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเป็นชุดทดลองวงจรและแนวคิด จากการได้เล่นกับใบกิจกรรมนักศึกษาสามารถสร้างโครงงานระบบควบคุมการปิดเปิดตู้เย็น และจากการเล่นกับมอเตอร์โดยการโหลดวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ที่ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก เมื่อนักศึกษาทดสอบการทำงานโดยกดสวิตซ์ตัวที่ 1 พบว่ามอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา แต่ถ้ากดสวิตซ์ตัวที่ 2 พบว่ามอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา นักศึกษาสามารถที่จะนำแนวคิดนี้ไปสร้างเป็นโครงงานต่างๆ ได้มากมายเช่น เครื่องยกรถ สายพานลำเรียงสิ้นค้าหรือ เรือข้ามฟาก เป็นต้น

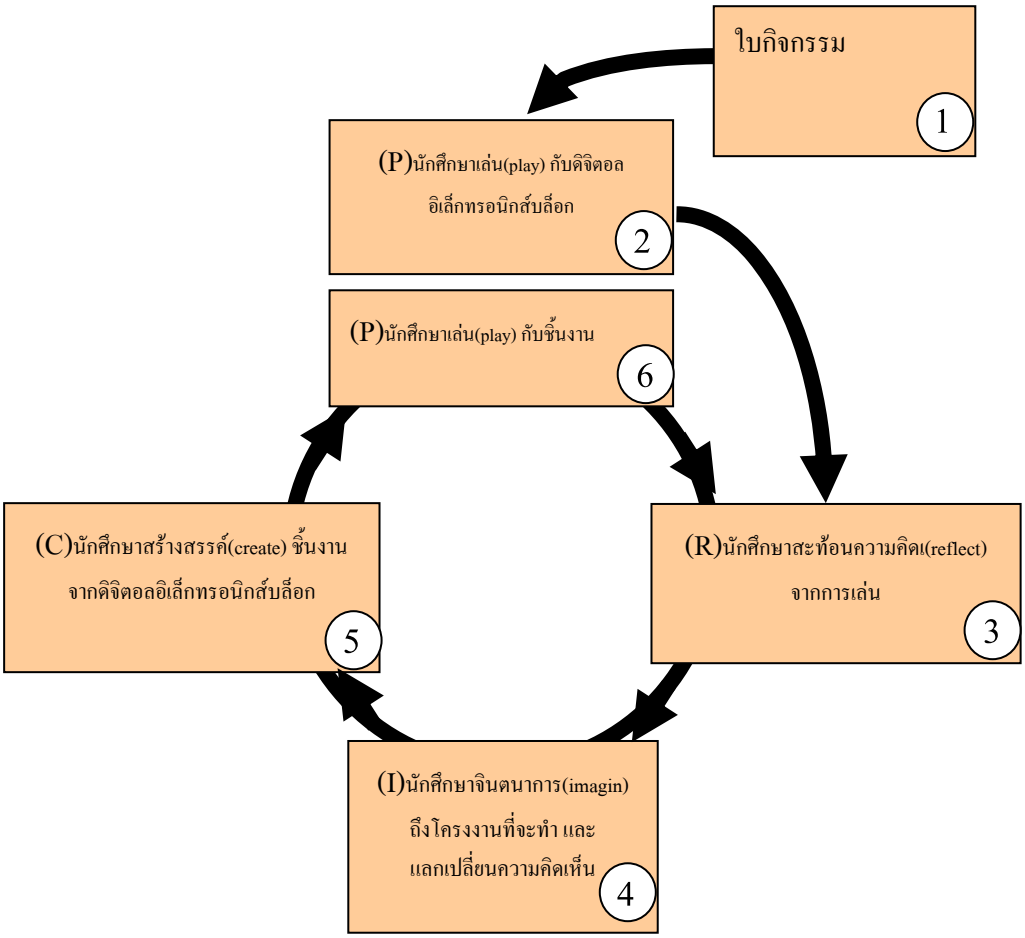
3. นักศึกษาสะท้อนความคิด(reflect) จากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก หลังจากนักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีการสะท้อนความคิดถึงสิ่งที่ได้เล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก มีการแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน ซึ่งบางครั้งผู้วิจัยพบว่านักศึกษาสร้างชิ้นงานซ้ำอีกครั้งเพื่อใช้ในการสะท้อนความคิด นักศึกษากล่าวว่าการทำอย่างนี้ได้ความรู้เพิ่มขึ้น ซึ่งนักศึกษาสามารถคิดโครงงานที่จะทำได้อย่างอัตโนมัติจากการทำซ้ำๆนี้

4. นักศึกษาจินตนาการ (imagin) ถึงโครงงานที่จะต้องทำ การจิตนาการในขั้นนี้ผู้วิจัยพบว่า นักศึกษาจะเข้าใจวงจรและการทำงานของโครงงานที่จะต้องสร้างจากการได้เล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ซึ่งการจินตนาการจะเกิดแนวคิดเกี่ยวกับโครงงานที่จะต้องสร้างอย่างอัตโนมัติ จากประสบการณ์ที่นักศึกษามีหรือจากสิ่งที่นักศึกษาเคยเกี่ยวข้องและสัมผัส นักศึกษาที่มีประสบการณ์มากจะสามารถคิดโครงงานได้มากและซับซ้อน

5. นักศึกษาสร้างสรรค์ (create) ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก พบว่านักศึกษาสร้างได้รวดเร็วมาก เพราะว่ามีวงจรอยู่แล้วและกลไกแนวคิดต่างๆมีความสมบูรณ์ซึ่งแตกต่างจากการสร้างสรรค์ที่ผ่านมาคือ ในการสร้างจะช้าเพราะจะเสียเวลาในการหาวงจรใหม่ เมื่อโครงงานไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้ แต่กับการสร้างสรรค์โดยนักศึกษามีใบกิจกรรมประกอบนักศึกษาจะทำได้รวดเร็ว

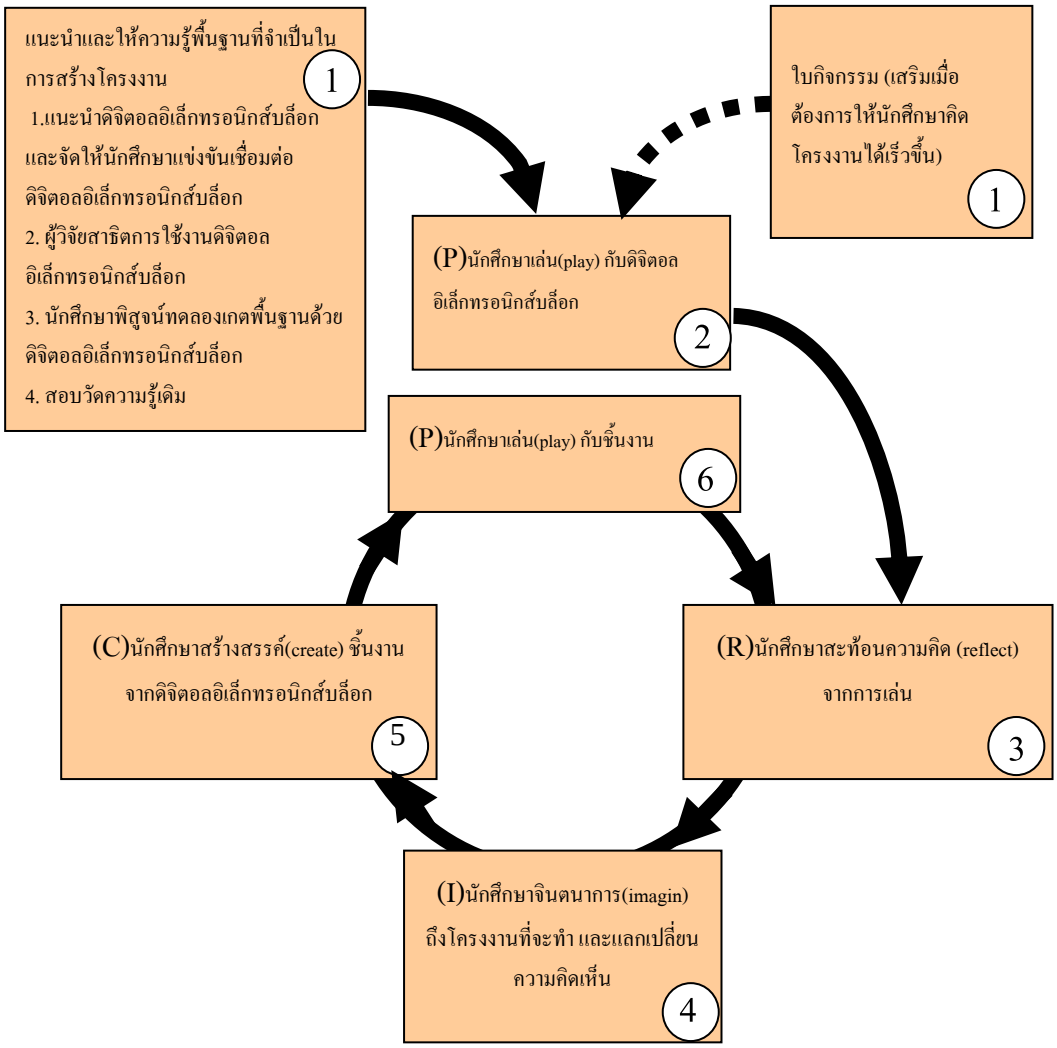
6. นักศึกษาเล่น (play) กับชิ้นงาน นักศึกษาจะทำการสำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้างซึ่งจะทำให้นักศึกษาสามารถที่จะนำแนวคิดจากชิ้นงานไปสร้างโครงงานใหม่ต่อไปได้อีก โดยนักศึกษาจะวนกลับไปที่ขั้นที่ 3 ไปเรื่อยๆ จนกว่าโครงงานจะครอบคลุมเนื้อหาที่เรียน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานอีกครั้งตามการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักศึกษาสามารถสร้างโครงงานได้เร็ว อีกทั้งการใช้วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้ซับซ้อนและหลากหลาย โดยผู้วิจัยได้นำใบกิจกรรมกลับมาใช้อีกครั้งและปรับขั้นตอนการสร้างโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานดังภาพที่ 4.3 พบว่านักศึกษาสร้างโครงงานได้หลากหลายและมีความรวดเร็วมากเพราะว่านักศึกษาสามารถใช้วงจรในใบกิจกรรมสร้างโครงงาน



ภาพที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานจากการปรับกิจกรรมครั้งที่ 2

จากการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ 2 ครั้ง ผู้วิจัยสามารถสรุปกิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานและขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานดังภาพที่ 4.4 โดยการปรับกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งสองครั้ง โดยดำเนินการจัดกิจกรรมตามแผนการเรียนรู้ทั้ง 2 ที่ผ่านมาทำให้ผู้วิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานประกอบด้วย 6 ขั้นคือ 1.1) แนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงาน 1.2) นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.3) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการเล่นดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.4) นักศึกษาจินตนาการถึงโครงงานที่จะทำและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน 1.5) นักศึกษาสร้างสรรค์ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.6) นักศึกษาเล่นกับชิ้นงาน และถ้าต้องการให้นักศึกษาสร้างโครงงานได้เร็วเสริมด้วยใบกิจกรรม โดยเงื่อนไขสำคัญนักศึกษาจะต้องเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกก่อนโดยนักศึกษาใช้วงจรที่ผู้วิจัยแนะนำในขั้นตอนแรก เมื่อได้แนวคิดและหัวข้อโครงงานแล้ว จากนั้นนักศึกษาจึงจะสร้างโครงงาน ซึ่งพบการทำงานในลักษณะนี้สำหรับกิจกรรมรูปแบบการปรับครั้งแรก เมื่อผู้วิจัยใช้ใบกิจกรรมร่วมในการคิดโครงงานโดยให้นักศึกษาเล่นกับวงจรจากใบกิจกรรม จากนั้นนักศึกษาสามารถคิดโครงงานได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อนักศึกษาผ่านขั้นตอนการสร้างโครงงานทั้งสองรูปแบบในสร้างโครงงาน นักศึกษาสามารถคิดโครงงานตามขั้นตอนการสร้างโครงงานทั้งสองรูปแบบกลับไปกลับมาได้คือ รูปแบบที่ปราศจากการนำทางโดยใบกิจกรรม ภาพที่ 4.2 และการคิดแบบมีใบกิจกรรมนำทาง ภาพที่ 4.3 ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีการเล่นกับชิ้นงานที่สร้างเสร็จแล้วและพบว่านักศึกษาสามารถนำแนวคิดจากชิ้นงานไปใช้สร้างโครงงานต่อไปได้อีก นักศึกษาสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้นโดยสามารถค้นหาวงจรแปลกๆ จากในหนังสือ อินเทอร์เนต โครงงานต่างๆ มาใช้โดยผู้วิจัยไม่ได้แนะนำและบางวงจรผู้วิจัยไม่เคยทดลองใช้งาน



ภาพที่ 4.3 แสดงขั้นตอนการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผลการพัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ดิจิตอลอิเล็กทรอนิคส์บล็อกเป็นวัตถุช่วยคิดในการพัฒนาการเรียนรู้และสร้างสรรค์สติปัญญาของผู้เรียนในด้านดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาจากแนวคิดของเลโกโลโก ซึ่งแนวคิดของเลโกโลโก สร้างขึ้นมาเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดระบบควบคุม ได้แก่ ระบบควบคุมด้วยมือ ระบบอัตโนมัติ และระบบป้อนกลับ อีกทั้งปรากฏการณ์ Emergent โดยวัตถุประสงค์เพื่อให้เด็กได้มีโอกาสเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดนี้ก่อนที่จะเรียนในมหาวิทยาลัย สาเหตุเพราะเพราะความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุม มีการสอนเฉพาะในมหาวิทยาลัยเท่านั้น แต่ผู้สร้างเลโกโลโกมองเห็นความสำคัญนี้กับเด็ก โดยแนวคิดของผู้สร้างเลโกโลโกคือเด็กๆ สามารถที่จะพัฒนาแนวคิดและความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณ (น้ำปริมาณมากหรือน้อยในแก้วน้ำ) ทั้งแต่เกิด แต่ไม่มีโอกาสพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับระบบจนกระทั่งเข้าเรียนในมหาวิทยาลัย จึงทำให้ผู้สร้างเลโกโลโกพัฒนาวัตถุช่วยคิดนี้ในการพัฒนาเด็กๆ ควบคู่กันไปกับแนวคิดและความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณตั้งแต่ยังเล็ก โดยข้อจำกัดของเลโกโลโก คือ ไม่สามารถที่จะใช้ในการเรียนการสอนในวิชาอื่นๆ ได้ เช่น วิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ เป็นต้น จากการที่ผู้วิจัยมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของเลโกโลโก ประกอบกับผู้วิจัยสอนในรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 1 และ 2 มาหลายปี จึงคิดและสร้าง ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกขึ้น โดยหลักการพื้นฐานเหมือนกับเลโกโลโก คือสามารถต่อแต่ละชิ้นเข้าด้วยกันได้และสามารถใช้ในการทำความเข้าใจเรื่องของระบบ แต่ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกมีข้อพิเศษที่สามารถใช้ในการเรียนรู้วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเลโกโลโกทำไม่ได้ และแต่ละชิ้นมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในซึ่งเลโกโลโกมีคอมพิวเตอร์เล็กๆ เพียงชิ้นเดียวส่วนชิ้นใน 1 ชุด ส่วนอื่นๆ เป็นเพียงตัวต่อ (LEGO) เท่านั้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกดังนี้

1. ทดสอบแนวคิดดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ผู้วิจัยเริ่มต้นทดสอบแนวคิดจากวงจรนับง่ายๆ ที่ประกอบด้วยวงจรนับสัญญาณไอซี 7490 ซึ่งทำงานเป็นวงจรนับ ส่วนไอซี 7447 เป็นวงจรถอดรหัส และเซเวนเซ็กเมนท์เป็นส่วนแสดงผล ซึ่งปกติทั้ง 3 ส่วนจะสร้างบนแผ่นปริ้นเพียงแผ่นเดียว แต่ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยทดสอบโดยการแบ่งวงจรออกเป็น 3 ส่วนอิสระจากกันคือ ส่วนอินพุทรับสัญญาณจาก สวิตซ์กดติดปล่อยดับ ส่วนการประมวลผลผู้วิจัยใช้วงจรนับ และส่วนวงจรเอาท์พุท ผู้วิจัยใช้วงจรถอดรหัสและวงจรเซเวนเซ็กเมนท์ จากการทดลองแบ่งวงจรเป็น 3 ส่วนได้แก่ อินพุต ประมวลผล และเอาท์พุต

ผู้วิจัยได้แนวคิดเพิ่มขึ้น ถ้าในกรณีที่อินพุทและเอาท์พุทเหมือนเดิมแต่ส่วนการประมวลผลเปลี่ยนเป็นวงจรดิจิตอลอื่นๆ จะเกิดอะไรขึ้น

ผู้วิจัยพบว่าสามารถที่จะขยายวงจรจากที่เป็นเพียงวงจรนับซึ่งเป็นวงจรเชิงลำดับสามารถเปลี่ยนเป็นวงจรเชิงจัดหมู่เช่น วงจรถอดรหัสและวงจรเข้ารหัสวงจรมัลติเพรกและดีมัลติเพรกเป็นต้น ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดต่อไปอีกคือถ้าเปลี่ยนแปลงอินพุทให้สามารถเป็นตัวตรวจจับแสงสว่างส่วนเอาท์พุทเป็นชุดขับมอเตอร์แทนจะเกิดอะไรขึ้น ผู้วิจัยพบว่า ในการขยายอินพุตและเอาท์พุตสามารถที่จะนำไปเชื่อมต่อกับโลกภายนอกได้หลากหลายแต่ที่สำคัญส่วนวงจรต่างๆ ที่เคยเป็นวงจรนับจะต้องสามารถโปรแกรมและเปลี่ยนแปลงภายในได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำไอซี CPLD มาใช้ในการที่จะต้องเปลี่ยนแปลงแก้ไขวงจรต่างๆ ตามเงื่อนไขการใช้งาน ปกติจะใช้ไอซี ทีทีแอลซึ่งไอซีบางตัวจะหายากบางครั้งไม่มีขายในท้องตลาด ดังนั้นการใช้ CPLD สามารถที่จะขจัดปัญหานี้ได้ และCPLD สามารถสร้างวงจรทางด้านดิจิตอลอะไรก็ได้ จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยเปลี่ยนแปลงอินพุทจากสวิตซ์กดติดปล่อยดับเป็นแสงอินฟาเรดและเป็นลิมิตสวิตซ์ ซึ่งส่วนนี้เรียกว่า ส่วนอินพุท ส่วนวงจรนับเดิมผู้วิจัยเปลี่ยนแปลงโดยใช้ไอซี CPLD ซึ่งผู้วิจัยสามารถโปรแกรมวงจรเชิงจัดหมู่ หรือวงจรเชิงลำดับได้ ส่วนนี้เรียกว่าส่วนประมวลผล ส่วนเอาท์พุท ผู้วิจัยเปลี่ยนแปลงเป็นชุดขับมอเตอร์จำนวนสองชุด ส่วนนี้เรียกว่าส่วนเอาท์พุทจากทั้ง 3 ส่วนผู้วิจัยสามารถที่จะสร้างโครงงานต่างๆได้มากมายโดยใช้ดิจิตอลในการควบคุมเช่น การสร้างหุ่นยนต์วิ่งตามเส้น หุ่นยนต์หลบหลีกสิ่งกีดขวาง ชุดสูบน้ำเข้าถังพัก เป็นต้น จากการทดสอบแนวคิดผู้วิจัยจึงนำแนวคิดต่างๆ ไปสร้างดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเพื่อใช้งานจริง

2. การพัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ผู้วิจัยได้พัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกให้ประกอบด้วยบล็อกทั้งหมด 5 ชนิดดังต่อไปนี้

2.1 บล็อกพฤติกรรม เป็นบล็อกที่มีความสำคัญมากที่สุดในการเข้าใจมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ภายในประกอบด้วย CPLD เป็นไอซีที่สามารถโปรแกรมวงจรทางด้านดิจิตอลลงไปได้จากนั้นนำไปใช้งานตามที่โปรแกรมโปรแกรมไว้ บล็อกนี้เป็นบล็อกสีน้ำเงินมีพอร์ตสำหรับอินเทอร์เฟสกับภายนอก 4 พอร์ต ประกอบด้วย พอร์ตเชื่อมต่อเพื่อโปรแกรมการทำงานและ 3 พอร์ตที่สามารถโปรแกรมเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน

2.2 บล็อกอินพุท จำนวน 2 บล็อก ประกอบด้วยอินพุทที่รับข้อมูลจากสวิตซ์และรับข้อมูลด้วยแสงอินฟาเรด บล็อกรับข้อมูลจากสวิตซ์ เป็นสวิตซ์กดติดปล่อยดับจำนวน 8 ตัว ส่วนการรับข้อมูลทางแสงอินฟาเรดประกอบด้วยวงจรตรวจจับทางแสงจำนวน 4 ชุดโดยสามารถต่อชุดตรวจจับ (sensor) เพื่อตรวจจับสิ่งกีดขวางต่างๆ โดยชุดตรวจจับจะใช้แสงอินฟาเรดในการตรวจจับ

2.3 บล็อกเอาท์พุท จำนวน 3 บล็อก ประกอบด้วย บล็อกขับมอตอร์ บล็อกแสดงผลด้วย แอล อี ดี และบล็อกแสดงผลด้วยตัวเลข เซเวนเซ็กเมนท์ บล็อกขับมอเตอร์ภายในใช้ไอซีขับมอเตอร์ สามารถขับมอเตอร์ไม่เกิน 3 แอมป์ ไอซีประกอบด้วยชุดขับมอเตอร์สองชุดอิสระจากกัน สามารถขับมอเตอร์พร้อมกันได้ 2 ตัว บล็อกนี้สามารถขับมอเตอร์หรือ รีเลย์ขนาด 5 โวลต์ได้ บล็อกมีลักษณะเป็นสีเขียวบล็อกแสดงผลด้วย แอล อี ดี เป็นบล็อกที่สามารถแสดงผลต่างๆ ด้วย แอล อี ดี ทั้ง 8 ตัวบล็อกมีลักษณะเป็นสีแดงขาว ส่วนบล็อกแสดงผลด้วยตัวเลขโดยใช้เซเวนเซ็กเมนท์ ภายในประกอบด้วยไอซีถอดรหัส 7447 จำนวน 2 ชุดอิสระจากกันบล็อกนี้มีลักษณะสีแดงเขียว

2.4 บล็อกสัญญาณนาฬิกา จำนวน 1 บล็อก เป็นบล็อกที่ภายใน ประกอบด้วย วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา บล็อกนี้จะผลิตสัญญาณนาฬิกาทุก 1 วินาทีบล็อกนี้จะมีลักษณะสีขาว

2.5 บล็อกบัปเฟอร์ จำนวน 1 บล็อกเป็นบล็อกที่ใช้ในการป้องกันสัญญาณรบกวนต่างๆ จากอุปกรณ์ภายนอกภายในบล็อกประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่โปรแกรมสำหรับการควบคุมสัญญาณรบกวน สามารถทำงานโดยอิสระจากกันสองชุดในการนำไปใช้งานบล็อกมีลักษณะสีแดง

3. การสร้างและทำการทดสอบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการสร้างผู้วิจัยสร้างเป็น 3ระยะของการพัฒนา คือ

3.1 ระยะที่ 1 ผู้วิจัยสร้างดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามแนวคิดข้างต้นโดยเน้นไปที่การใช้งานเป็นหุ่นยนต์เท่านั้น ผู้วิจัยจึงสร้างส่วนประกอบต่างๆ คงที่ไม่สามารถที่จะนำไปสร้างเป็นรูปร่างต่างๆ ได้นอกเหนือจากหุ่นยนต์เล็กๆ ที่เลียนแบบพฤติกรรมสัตว์เท่านั้น ในการสร้างจะสามารถแยกชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แต่ไม่สามารถที่จะประกอบเป็นรูปร่างอื่นๆ ได้ เพราะคงที่ตามรูปแบบที่กำหนดมา

3.2 ระยะที่ 2 ผู้วิจัยได้ทดลองประกอบดูและสร้างเป็นหุ่นยนต์โดยผู้วิจัยต้องการให้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกสามารถที่จะประกอบเป็นรูปร่างอื่นๆ ได้ ผู้วิจัยจึงออกแบบดิจิตอลเฉพาะรูปร่างภายนอกใหม่ ผู้วิจัยพบว่าสามารถที่จะประกอบเป็นรูปร่างต่างๆ ได้มากขึ้น จากการที่นำไปทดสอบให้นักศึกษาชั้นปีที่ 4 โปรแกรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม นักศึกษาสามารถสร้างเป็นรูปร่างต่างๆ ได้แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากมีเพียง 2 บล็อก

3.3 ระยะที่ 3 ผู้วิจัยเพิ่มจำนวนบล็อกมากขึ้นเป็น 8 บล็อก ผู้วิจัยได้นำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไปใช้งานจริงเพื่อทดสอบวงจรภายในโดยนำไปใช้ในการควบคุมการสูบน้ำเข้าถังพัก โดยใช้วงจรดิจิตอลเป็นวงจรเชิงลำดับผลการทดสอบสามารถใช้งานได้โดยไม่มีปัญหา สำหรับรูปร่างภายนอกของดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกจะตัวเชื่อมต่อตัวผู้และตัวเมียสามารถที่จะเชื่อมต่อกันเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ตามจินตนาการ จากการสร้างดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกขึ้นมา ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบทางด้านการทำงานของอุปกรณ์ภายในบล็อกโดยทดสอบที่ละบล็อกตามฟังก์ชันการทำงาน พบว่าไม่มีปัญหาทางด้านของการโหลดกระแสและเกิดอันตรายกับผู้ใช้เพราะเป็นไฟแรงดันต่ำขนาด 5 โวลท์ และทำงานตามฟังก์ชันที่ต้องการแต่อาจมีอันตรายจากตัวเชื่อมต่อเท่านั้น

ผลการวิจัยระยะที่ 2

ในการศึกษาการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัย 3 ประเด็นคือ 1) ผลการเรียนรู้โดยโครงงานด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2) ผลการเรียนรู้โดยโครงงานด้านการแก้ปัญหา 3) ผลการเรียนรู้โดยโครงงานด้านการเรียนรู้ร่วมกัน 4) ผลการสะท้อนความคิดของนักศึกษาจากการทำโครงงาน

ข้อมูลทั่วไปของประชากร

ประชากรที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษากิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี พ.ศ. 2548 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 1 ห้องมีจำนวนนักศึกษา 36 คน เป็นชาย 34 คนหญิง 2 คน เป็นนักศึกษาจากการการคัดเลือกระบบโควตา (quota) จำนวน 15 คน และสอบคัดเลือกจำนวน

21 คน จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ป.ว.ส.) จำนวน 13 คน และระดับอนุปริญญาวิทยาศาสตร์ (อ.ว.ท.) จำนวน 23 คน โดยมีระดับผลการเรียนอยู่ในระดับ 1.6 – 3.35 แสดงข้อมูลพื้นฐานดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานของประชากร

ข้อมูล	**จำนวน**
1. วิธีการเข้าศึกษา	
สอบคัดเลือก	21
คัดเลือกแบบโควตา	15
รวม	**36**
2. ระดับผลการเรียน	
ต่ำกว่า 2.00	5
2.00-2.49	14
2.50 และสูงกว่า	17
รวม	**36 min = 1.60 max = 3.35**

ผลการเรียนโดยโครงงานด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

ในการนำเสนอข้อมูลด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลใน 2 ประเด็นคือ ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ

จากแบบทดสอบมโนทัศน์ด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนและหลังการจัดกิจกรรมเรียนรู้โดยข้อสอบมีทั้งหมด 60 ข้อคะแนนเต็ม 60 คะแนน วิเคราะห์เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรซึ่งมีหลักเกณฑ์คะแนนร้อยละ 50 ถือเป็นเกณฑ์ต่ำสุด และร้อยละ 80 ขึ้นไปเป็นเกณฑ์สูงสุดในการตัดสินผลการเรียน ระดับคะแนนและเกณฑ์ดังกล่าวคือ

80 ขึ้นไป	ดีมาก
70 – 79	ดี
60 – 69	พอใช้
50 – 59	ต่ำ
ต่ำกว่า 50	ไม่ผ่าน

โดยผู้วิจัยนำเสนอดังตารางที่ 4.2 ดังนี้

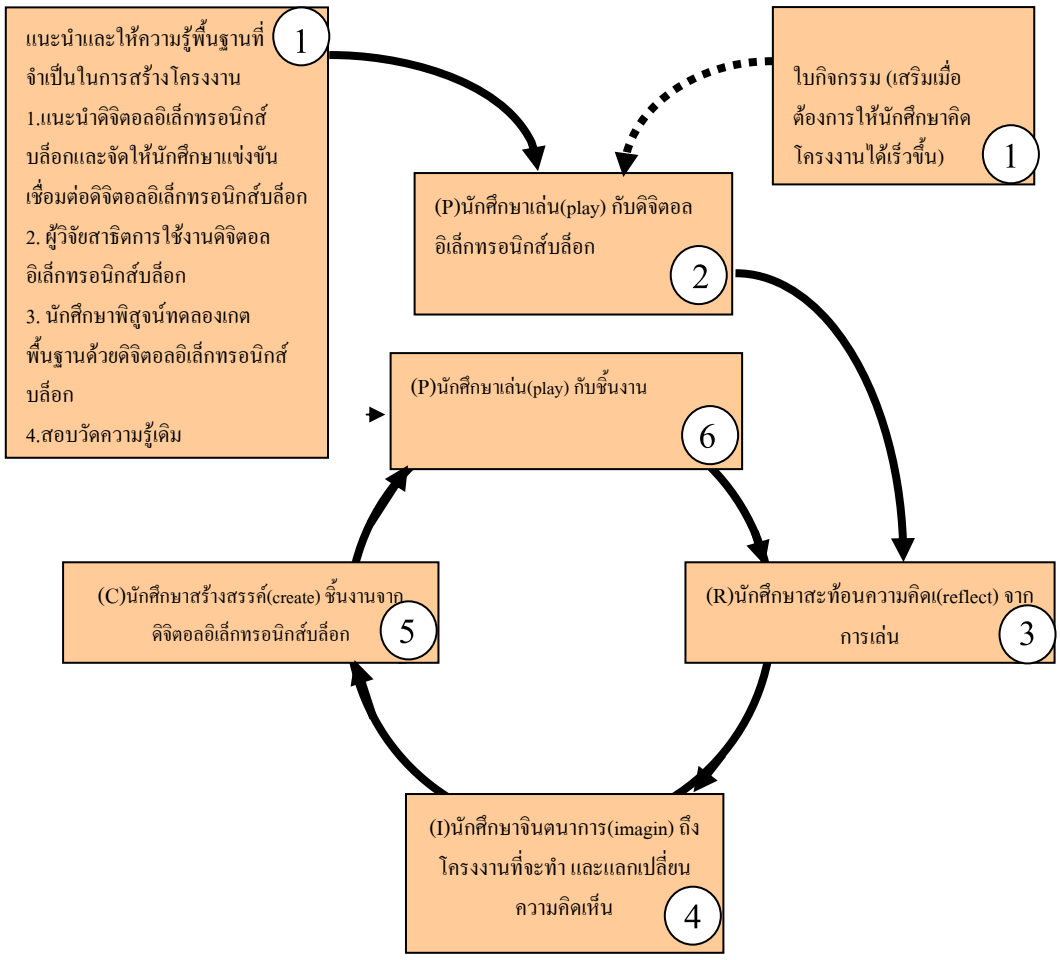
ตารางที่ 4.2 คะแนนความรู้ในเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

มโนทัศน์	**ค่าเฉลี่ย**		**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน**
	คะแนน	**ร้อยละ**	**คะแนน**
ก่อนเรียน (60 คะแนน)	24.12	40.20	5.27
หลังเรียน (60 คะแนน)	34.09	56.81	8.35
คะแนนเพิ่มขึ้น	**9.97**	**16.61**	

จากตารางที่4.2 ผลจากการใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวจำนวน 60 ข้อ คะแนนเต็ม 60 คะแนน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้วัดมโนทัศน์ด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่เป็นกลุ่มประชากรจำนวน 36 คน สามารถทำแบบทดสอบฉบับนี้ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ระดับคะแนนเฉลี่ย 24.12 คะแนน และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยได้ 34.09 คะแนน นักศึกษาสามารถทำคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 16.16 คะแนน เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับต่ำร้อยละ 50 (30 คะแนน) คะแนนเฉลี่ยก่อนสอบต่ำกว่าเกณฑ์ระดับต่ำ ส่วนหลังสอบสูงกว่าเกณฑ์ระดับต่ำ เมื่อพิจารณาในรายละเอียดเป็นรายด้านของหัวข้อเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 เป็นรายบุคคลในภาคผนวก ฉ พบว่า นักศึกษาแต่ละคนทำคะแนนสอบก่อนเรียนจากต่ำไปสูง ได้แก่ วงจรดีมัลติเพรกก วงจรมัลติเพรก สถานการณ์โครงงาน วงจรการเปรียบเทียบ วงจรการนับ วงจรฟลิบฟลอบ วงจรถอดรหัส และวงจรเข้ารหัส ตามลำดับ ส่วนคะแนนสอบหลังเรียนจากต่ำไปสูงได้แก่ วงจรดีมัลติเพรก วงจรมัลติเพรก วงจรเปรียบเทียบ วงจรฟลิบฟลอบ วงจรนับ วงจรถอดรหัส สถานการณ์โครงงาน และวงจรเข้ารหัส ตามลำดับ โดยนักศึกษาทำคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกด้าน

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ

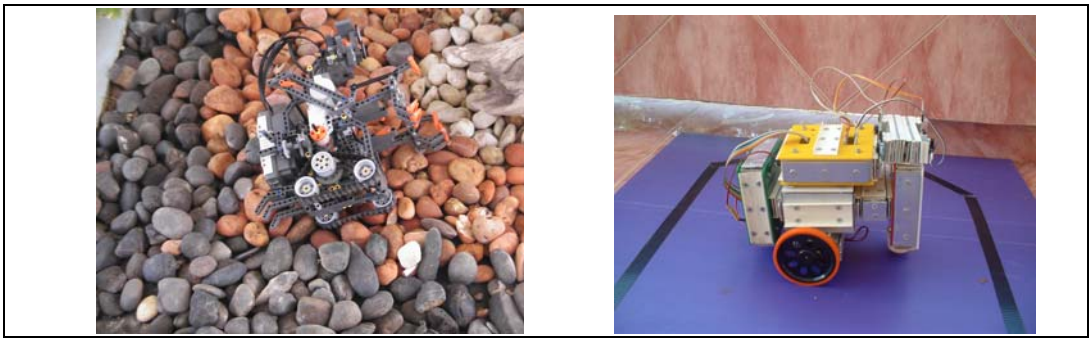
ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยนำเสนอโดยใช้โครงงานหุ่นยนต์รักษาความสมดุล และโครงงานเตือนลืมปิดไฟหน้ารถยนต์ในการอธิบายใน 3 ประเด็นคือ 1) ความคิด การรับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือวัตถุ 2) การมองเห็นความเชื่อมโยงของเหตุการณ์หรือวัตถุ กับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ โดยอาศัยความรู้และทักษะเดิมที่มีอยู่ 3) ความเข้าใจความสัมพันธ์ภายในวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีเส้นทางการสร้างมโนทัศน์จากขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 6 แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.4 แสดงเส้นทางการสร้างมโนทัศน์

2.1 โครงงานหุ่นยนต์รักษาความสมดุล โครงงานนี้นักศึกษาสร้างขึ้นเพื่อศึกษาการรักษาความสมดุลของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่พื้นขรุขระ ซึ่งอาจทำให้หุ่นยนต์เสียความสมดุล โดยนักศึกษามีกระบวนการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1.1 นักศึกษามีความคิด รับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือวัตถุ ผลการวิจัยพบว่า เมื่อนักศึกษาได้เล่นกับหุ่นยนต์ที่สร้างจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก (หุ่นยนต์แสดงดังภาพที่ 4.6) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการเล่นกับหุ่นยนต์ทำให้เกิดความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับหุ่นยนต์ ประกอบกับนักศึกษาได้พบกับหุ่นยนต์เดินบนพื้นขรุขระทำให้หุ่นยนต์เสียความสมดุลและพลิกคว่ำจากอินเทอร์เนต (หุ่นยนต์แสดงดังภาพที่ 4.6) ทำให้นักศึกษาเกิดแรงบันดาลใจในการศึกษาถึงการควบคุมความสมดุลของหุ่นยนต์ จึงทำให้นักศึกษาเกิดแนวคิดโครงงานหุ่นยนต์รักษาความสมดุล



ภาพที่ 4.5 แสดงหุ่นยนต์พลิกคว่ำจากอินเทอร์เนตและหุ่นยนต์ที่นักศึกษาเล่น

จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนักศึกษามีความคิด รับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์ เมื่อนักศึกษาได้เล่นกับหุ่นยนต์ที่สร้างจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ทำให้นักศึกษามีความรู้และประสบการณ์ ซึ่งความรู้และประสบการณ์นี้จะถูกใช้เชื่อมโยงเมื่อนักศึกษาได้พบกับหุ่นยนต์จากอินเทอร์เนต ทำให้นักศึกษาสามารถคิดโครงงานรักษาความสมดุลของหุ่นยนต์ได้

2.1.2 นักศึกษามองเห็นความเชื่อมโยงของเหตุการณ์หรือวัตถุกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อนักศึกษา ได้แนวคิดเกี่ยวกับโครงงานที่จะสร้างแล้ว นักศึกษาทำการศึกษาแนวคิดในการควบคุมความสมดุลเบื้องต้น ได้แก่ การเลี่ยงไม้บนมือ ลูกตุ้มนาฬิกา และชิงช้าสวรรค์ ดังที่นักศึกษาอธิบายในอนุทินดังนี้

“การศึกษาเกี่ยวกับการทรงตัวโดยใช้เครื่องรักษาความสมดุล โดยใช้หลักการทำงานโดยการใช้นิ้วดันไม้ในทิศทางต่างๆ เพื่อทำให้ไม้ทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ตกจากนิ้ว”

“โดยจากหลักการแรงโน้มถ่วงของโลกที่ทุกๆ อย่างจะต้องตกสู่พื้นโลก เมื่อสิ่งต่างๆ ตกลงสู่พื้นโลกทุกอย่างจะต้องมีการทรงตัว แต่จะมีการรักษาสมดุลที่แตกต่างกันไปตามขนาดและน้ำหนัก”

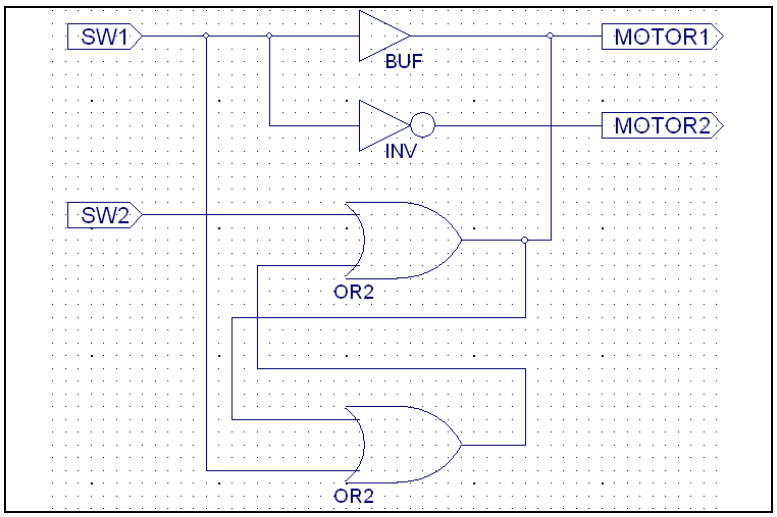
จากการอธิบายแสดงให้เห็นว่านักศึกษาได้ศึกษาแนวคิดการควบคุมความสมดุลเบื้องต้นแสดงดังภาพที่ 4.6 แนวคิดนี้จะกลายเป็นแนวคิดในการสร้างกลไกของหุ่นยนต์รักษาความสมดุล

ภาพที่ 4.6 แสดงการทดสอบแนวคิดการรักษาสมดุลเบื้องต้น

นักศึกษาได้ทดลองแนวคิดเกี่ยวกับความสมดุลเบื้องต้น และสร้างกลไกหุ่นยนต์รักษาความสมดุลขึ้น หลังจากนั้นนักศึกษาจะเชื่อมโยงแนวคิดเกี่ยวกับวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ที่นักศึกษามีความรู้จากการที่นักศึกษาเล่นกับหุ่นยนต์ในตอนเริ่มต้น เข้ากับกลไกการรักษาความสมดุลของหุ่นยนต์ที่นักศึกษาสร้างขึ้น ดังที่นักศึกษาอธิบายในรายงานการทำโครงงานดังนี้

“หุ่นยนต์จะต้องเดินไปข้างหน้าเรื่อยๆ โดยที่ชุดลูกตุ้มที่ควบคุมความสมดุลตั้งอยู่ตรงกลางและมี สวิตซ์ 2 ตัว เพื่อบอกว่าหุ่นยนต์เอียงไปข้างหน้าหรือข้างหลัง โดยถ้าสวิตซ์ ตัวที่อยู่ข้างหน้า (SW1) สัมผัสกับชุดลูกตุ้มหุ่นยนต์จะถอยหลัง ถ้าสวิตซ์ที่อยู่ข้างหลัง (SW2) สัมผัสกับชุดลูกตุ้มหุ่นยนต์จะเดินไปข้างหน้าผมจึงใช้ อาร์ เอส พลิปพลอป และวงจรเกตพื้นฐาน”

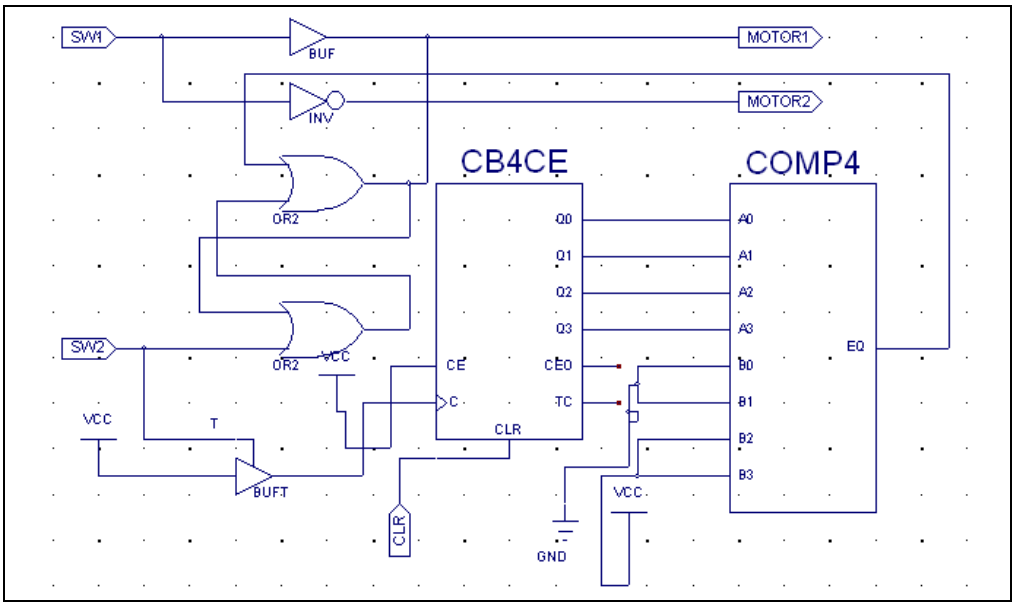
จากเงื่อนไขข้างต้นนักศึกษาสามารถที่จะเชื่อมโยงวงจรฟลิบฟลอบ (flip flop) และวงจรเข้ารหัส เข้ากับเงื่อนไขกลไกของหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้น แสดงดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.7 แสดงวงจรที่เชื่อมโยงกับสภาวะการทำงานของหุ่นยนต์

จากวงจรพบว่านักศึกษาใช้วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ที่นักศึกษาเคยใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรควบคุมหุ่นยนต์เดินหน้าและถอยหลังกับหุ่นยนต์เมื่อกดสวิตซ์หนึ่ง (SW1) หุ่นยนต์เดินหน้า แต่ถ้ากดสวิตซ์สอง (SW2) หุ่นยนต์จะหยุด โดยนักศึกษามีการเชื่อมโยงแนวคิดดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์กับกลไกรักษาสมดุล โดยใช้สวิตซ์หนึ่งและสองเป็นชุดตรวจจับความสมดุลในการสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่อย่างสมดุล แต่เมื่อนักศึกษาทำการทดสอบปรากฏว่าหุ่นยนต์ทำงานไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ มักจะกระตุกเมื่อระบบควบคุมความสมดุลทำงานทำให้นักศึกษาเพิ่มวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปอีก

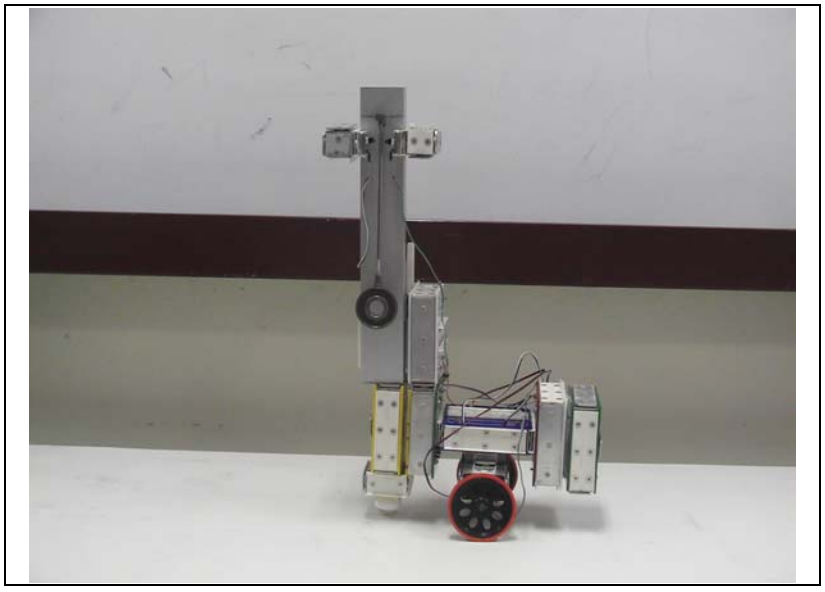
2.1.3 นักศึกษาเข้าใจความสัมพันธ์ภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ภายในวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อนักศึกษามีการพัฒนาหุ่นยนต์จนกระทั่งสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่านักศึกษาสามารถที่จะใช้วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมหุ่นยนต์ในหลายๆ วงจร เพื่อควบคุมให้หุ่นยนต์ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าประกอบไปด้วยวงจร เช่น วงจรเข้ารหัส วงจรฟลิปฟลอบ วงจรนับ วงจรเปรียบเทียบ ซึ่งวงจรที่เพิ่มเข้าไปในวงจรควบคุมเดิม ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาใช้ความรู้เดิมจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก และจากเอกสารตำราและอินเทอร์เนต โดยวงจรในการควบคุมหุ่นยนต์ที่นักศึกษาใช้ทำงานร่วมกันแสดงดังภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.8 แสดงภาพวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมความสมดุลของหุ่นยนต์

จากวงจรพบว่านักศึกษาสามารถนำวงจรทั้งหมด 4 วงจรมาใช้งานร่วมกันเพื่อควบคุมหุ่นยนต์รักษาความสมดุล ทั้ง 4 วงจรนี้ ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาใช้วงจรที่รู้จักในตอนเริ่มงานวิจัยได้แก่ วงจรเข้ารหัสและวงจรฟลิปฟลอบ แต่ในการใช้งานเพื่อรักษาหุ่นยนต์รักษาความสมดุล นักศึกษาสามารถนำวงจรสองวงจรนี้ไปใช้ทำงานร่วมกับวงจรนับและวงจรเปรียบเทียบที่นักศึกษาได้มาจากหนังสืออีก

สรุปเส้นทางการสร้างมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ นักศึกษาเริ่มต้นกับการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก นักศึกษาเกิดความคิด การรับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือวัตถุ โดยนักศึกษาสามารถมองเห็นความเชื่อมโยงของเหตุการณ์หรือวัตถุเหล่านั้นกับวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ มีความสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ภายในวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์จนกระทั่ง ลงมือสร้างสิ่งเหล่านั้นขึ้นมาจนกลายเป็นมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ พบว่านักศึกษามีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งกับมโนทัศน์วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ จากการสัมภาษณ์นักศึกษาแบบไม่เป็นทางการ พบว่านักศึกษาสามารถที่จะอธิบายได้ถึงการทำงานเบื้องต้นของวงจรแต่ละวงจรและเมื่อมีการเชื่อมโยงสัมพันธ์กับวงจรอื่นๆ หรือเชื่อมโยงกับเหตุการณ์หรือวัตถุอื่นๆ โดยโครงงานที่สร้างสำเร็จแสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.9 แสดงชิ้นงานการรักษาความสมดุลของหุ่นยนต์

2.2 โครงงานเตือนลืมปิดไฟหน้ารถยนต์ ผลการวิจัยพบว่า ในโครงงานนี้นักศึกษาใช้ประสบการณ์ในชีวิตประจำวันสำหรับแรงบันดาลใจในการสร้างโครงงานนี้โดยมีกระบวนการเหมือนกับการสร้างหุ่นยนต์รักษาความสมดุลดังนี้

2.2.1 นักศึกษามีความคิด รับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือวัตถุ โครงงานนี้พบว่า นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ซึ่งในระหว่างเล่นนั้น นักศึกษาจำได้ว่าเมื่อขับรถมาโรงเรียนแต่เช้ามืด จำต้องเปิดไฟหน้ารถยนต์ แต่พอมาถึงมหาวิทยาลัย นักศึกษาลืมปิดไฟหน้า

รถ เมื่อถึงตอนเย็นไฟแบตเตอรี่จะหมด ทำให้นักศึกษาไม่สามารถที่จะสตาร์ทรถได้ ดังที่นักศึกษาอธิบายในรายงานการทำโครงงานดังนี้

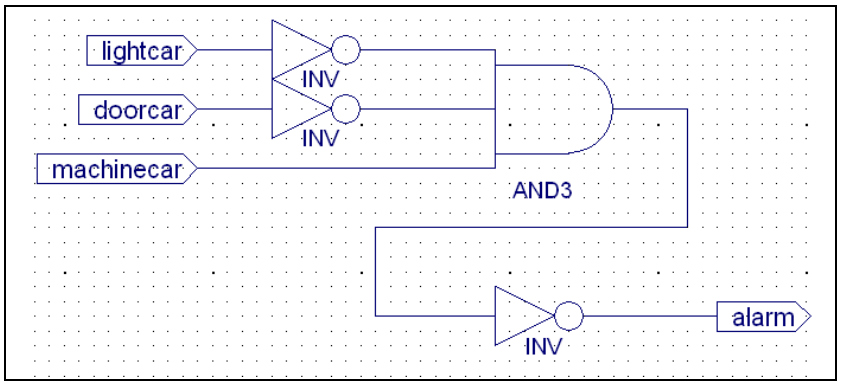
"การนึกถึงกิจวัติประจำวันของเราทำอะไรบ้าง จึงนึกขึ้นได้โดยเริ่มจากการขับรถมาโรงเรียนในตอนเช้ามักจะลืมปิดไฟหน้ารถยนต์เป็นประจำทำให้ในตอนเย็นรถสตาร์ทไม่ติดจึงเป็นเหตุให้ทำโครงงานนี้"

จากการอธิบายนักศึกษามีประสบการณ์คือ ปัญหาในเรื่องของไฟแบตเตอรี่หมด เพราะว่า ลืมปิดไฟหน้ารถกับประสบการณ์คือ การเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ทำให้นักศึกษามีความคิด รับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์นั้นๆ จนทำให้นักศึกษาสามารถคิดโครงงานได้

2.2.2 การมองเห็นความเชื่อมโยงของเหตุการณ์หรือวัตถุกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษารับรู้เหตุการณ์หรือวัตถุข้างต้นสามารถที่จะเชื่อมโยงสิ่งต่างๆ เหล่านั้นเข้ากับวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ โดยเริ่มต้นจากการที่ตั้งเงื่อนไขของการทำงานในการควบคุมการเปิดปิดไฟหน้ารถดังการอธิบายในอนุทินดังนี้

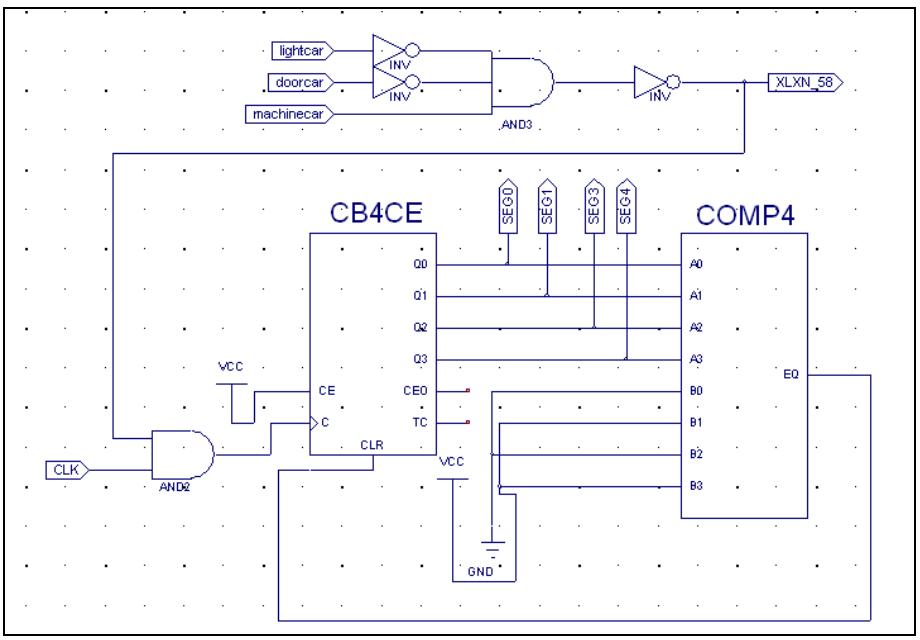
"เมื่อสวิตซ์ไฟหน้าถูกเปิดอยู่ เครื่องยนต์ยังไม่ดับ ประตูห้องโดยสารเปิดอยู่ สัญญาณจะไม่ส่งเสียงหรือเตือน แต่ถ้าอยู่ในสถานะที่ไฟหน้าเปิดอยู่เครื่องยนต์ดับ ประตูเปิด สัญญาณเตือนจะถูกส่งไปยังชุดเสียงเตือนและไฟเตือนจะติดทันที พร้อมกับชุดจับเวลาทำงานแสดงเวลาที่เปิดไฟหน้ารถนานเท่าไร เมื่อมีการปิดไฟหน้ารถสัญญาณเตือนจะดับลงทันที"

จากเงื่อนไขข้างต้นนักศึกษาสามารถเชื่อมโยงเงื่อนไขไปยังวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้คุณสมบัติวงจรเกตพื้นฐานอย่างง่ายๆ ซึ่งตั้งเงื่อนไขการทำงานไว้ 3 สภาวะการทำงานคือ 1 1 0 โดยมีสภาวะการทำงานตามลำดับดังนี้ 1 = ไฟหน้า 1 = ประตูห้องโดยสาร 0 = เครื่องยนต์ดับ เมื่อครบเงื่อนไข 3 สภาวะสัญญาณเตือนจะทำงาน นักศึกษาจึงใช้ ออร์เกต (or gate) . ในการทำงานในสภาวะดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.10 แสดงวงจรลืมปิดไฟหน้ารถยนต์

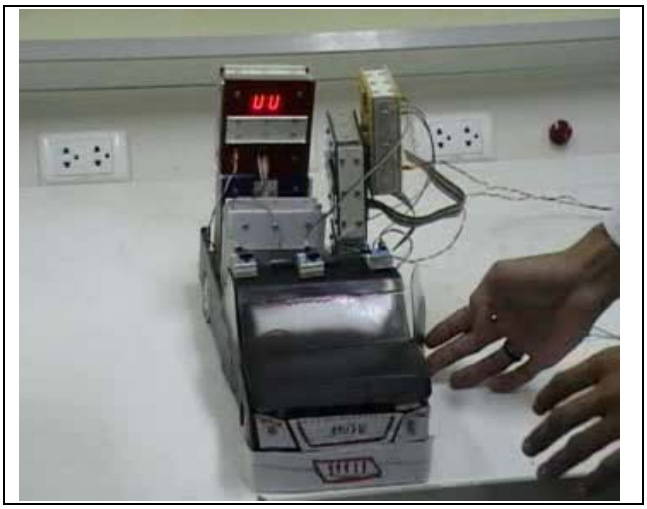
2.2.3 ความเข้าใจความสัมพันธ์ภายในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาสามารถเข้าใจความสัมพันธ์วงจรเกตที่ใช้ในการแสดงสภาวะการทำงานของโครงงานนี้ โดยสามารถที่จะเชื่อมโยงวงจรเกตพื้นฐานและเพิ่มวงจรแสดงเวลาในการลืมปิดไฟหน้ารถทำให้ทราบว่าลืมปิดมานานแค่ไหน ซึ่งนักศึกษามีการขยายความสามารถของวงจรที่แสดงเวลาการลืมปิดไฟ เมื่อพิจารณาจากภาพวงจรในภาพที่ 4.12 พบว่านักศึกษาสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของวงจรต่างๆ คือ วงจรนับ วงจรเปรียบเทียบ และวงจรเข้ารหัส ที่ใช้ร่วมกันในการทำงานเป็นวงจรควบคุมการแจ้งเตือนลืมปิดไฟหน้ารถยนต์ ดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.11 แสดงภาพวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ในการลืมปิดเปิดไฟหน้ารถ

ผู้วิจัยพบว่านักศึกษานำวงจรเปรียบเทียบ และวงจรนับมาจากนักศึกษากลุ่มอื่นที่มีความรู้เรื่องนี้ ส่วนวงจรถอดรหัส นักศึกษาสร้างขึ้นมาเองจากการกำหนดเงื่อนไขการทำงานข้างต้น โครงงานนี้นักศึกษาไม่ได้ใช้วงจรจากที่ผู้วิจัยแนะนำในช่วงเริ่มต้นของการวิจัย แต่ใช้วิธีการสร้างขึ้นมาจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก และดูวงจรจากกลุ่มอื่นโดยนำมาใช้กับโครงงานของตน

สรุป โครงงานนี้นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกจนกระทั่งเกิดแนวคิดเมื่อนักศึกษานึกถึงประสบการณ์เดิมในการขับรถมาเรียนที่มหาวิทยาลัย การเชื่อมโยงนี้ทำให้นักศึกษาสามารถคิดโครงงานออกมาได้ จนกระทั่งสามารถออกแบบเป็นชิ้นงานลืมปิดเปิดไฟหน้ารถแสดงดังภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.12 แสดงชิ้นงานลืมปิดไฟหน้ารถ

ผลการเรียนรู้โดยโครงงานด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

ในการนำเสนอข้อมูลด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลใน 2 ประเด็นคือ ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ

จากแบบทดสอบการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยข้อสอบมีทั้งหมด 6 ข้อหรือ 6 สถานการณ์ปัญหา ให้คะแนนด้วย Scoring Rubrics (ภาคผนวก จ) ซึ่งเกณฑ์การประเมินแสดงในบทที่ 3 โดยผู้วิจัยนำเสนอดังตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 คะแนนการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

ลำดับที่	มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	เสนอแนวทางแก้ปัญหาตามข้อมูลและสภาพปัญหา	เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด	คะแนนเฉลี่ย
1	3.8	3.5	2.7	2.7	3.2
2	3.8	3.3	3.3	2.8	3.2
3	3.8	3.3	2.8	2.7	3.1
4	3.2	3.5	3.0	2.0	3.1
5	3.7	3.5	2.8	2.2	3.0
6	3.2	2.7	3.0	3.0	3.0
7	3.7	3.3	2.8	2.0	3.0
8	3.2	3.5	2.8	2.0	2.9
9	3.2	3.5	2.8	2.0	2.9
10	3.7	3.2	3.0	2.0	2.9
11	3.5	3.3	3.0	2.0	2.9
12	3.5	3.3	2.5	2.2	2.8
13	3.5	3.3	2.3	2.0	2.8
14	3.5	3.2	2.5	2.0	2.8
15	4.0	3.3	2.0	1.7	2.8

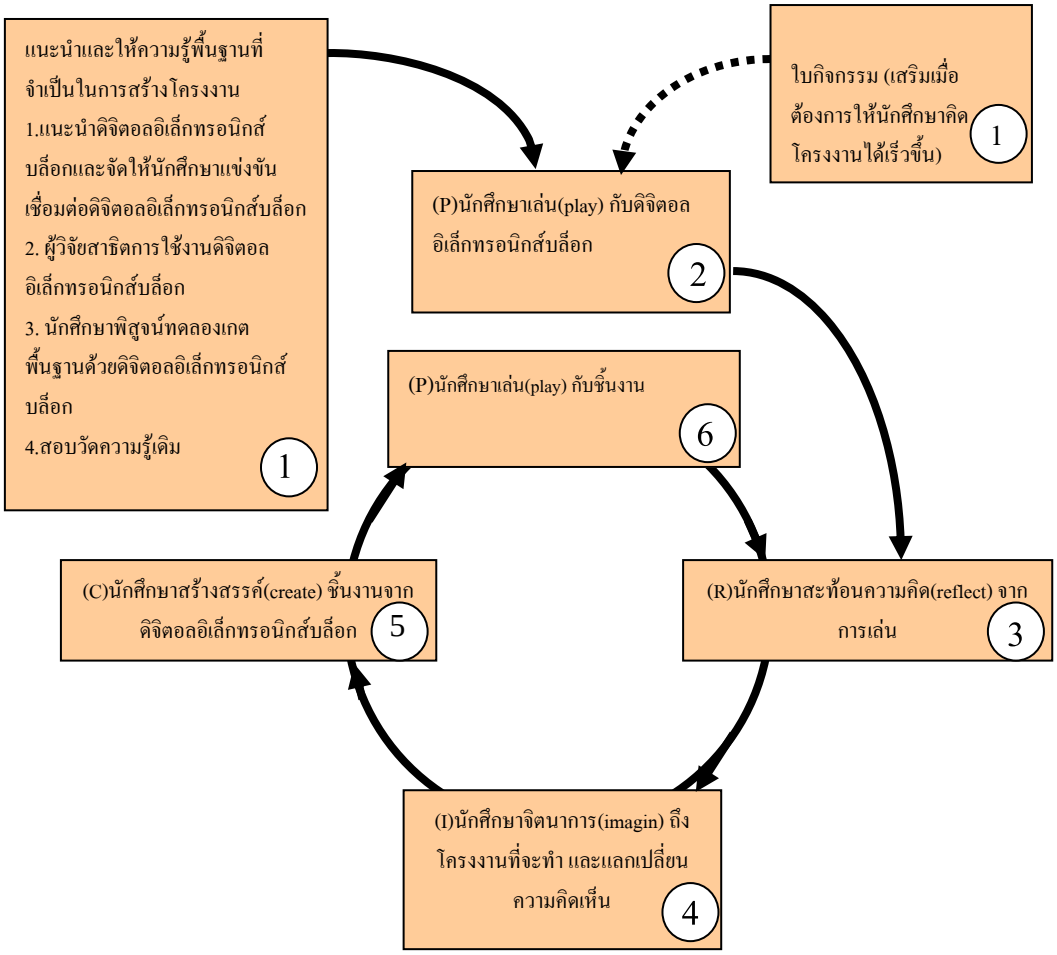
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ลำดับที่	มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น	วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	เสนอแนวทางแก้ปัญหาตามข้อมูลและสภาพปัญหา	เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด	คะแนนเฉลี่ย
16	3.5	3.7	2.0	2.0	2.8
17	3.8	3.0	3.0	2.0	2.8
18	3.7	3.7	2.0	2.0	2.8
19	3.2	3.3	2.7	1.8	2.7
20	3.7	3.2	2.2	2.0	2.7
21	3.5	3.2	2.2	2.0	2.7
22	3.8	3.2	2.0	2.0	2.7
23	3.2	3.3	2.2	2.0	2.7
24	3.7	2.8	2.8	2.0	2.7
25	3.8	3.0	2.0	1.8	2.6
26	4.0	2.8	2.0	2.0	2.6
27	3.7	3.3	2.2	2.0	2.6
28	3.7	2.8	2.2	2.2	2.6
29	3.5	3.3	2.0	1.7	2.6
30	4.0	3.0	2.0	2.0	2.6
31	3.2	3.2	2.0	2.0	2.6
32	3.7	3.3	2.0	2.0	2.6
33	3.8	3.0	2.0	1.8	2.5
34	3.2	3.0	2.0	2.0	2.5
35	3.8	2.7	2.8	1.3	2.5
36	3.5	2.7	1.8	2.0	2.5
ระดับคะแนนเฉลี่ยแต่ละคนรายด้าน	**3.6**	**3.2**	**2.4**	**2.1**	**2.8**

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ของนักศึกษาทั้งหมดโดยเฉลี่ย 2.8 นักศึกษามีการแก้ปัญหาอยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นชำนาญ แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านมีรายละเอียดดังนี้ 1) มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นค่าเฉลี่ย 3.6 นักศึกษาสามารถบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้มากกว่า 2 ปัญหา 2) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาค่าเฉลี่ย 3.2 นักศึกษาอธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ 3 – 4 สาเหตุ 3) เสนอแนวทางแก้ปัญหาตามข้อมูลและสภาพปัญหาค่าเฉลี่ย 2.4 นักศึกษาเสนอแนวทางแก้ปัญหาได้ 1 – 2 แนวทาง 4) เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดค่าเฉลี่ย 2.1 นักศึกษาเลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติได้แต่ไม่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการเรียนรู้โดยโครงงานด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากใช้ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ขั้นตอน ผู้วิจัยพบว่าการแก้ปัญหาโครงงานเกิดขึ้นในระหว่างที่นักศึกษาสร้างโครงงาน ขั้นตอนที่ 4 ถึง ขั้นตอน 6 ดังภาพที่ 4.14 ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้นักศึกษาสร้างความรู้และวิธีการในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยนำเสนอโดยใช้โครงงานเครื่องสไลด์กล้วย และเครื่องควบคุมระบบนิวเมติกส์สำหรับการอธิบายใน 3 ประเด็นคือ 1) การรับรู้ปัญหา 2) สาเหตุของปัญหา และ3) วิธีการแก้ปัญหา



ภาพที่ 4.13 ปัญหาเกิดเมื่อนักศึกษาสร้างโครงงาน

2.1 โครงงานเครื่องสไลด์กล้วย โครงงานนี้เป็นโครงงานที่นักศึกษาประยุกต์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในเครื่องสไลด์กล้วยจริงไม่ใช่สถานการณ์จำลองสำหรับการควบคุมการนับจำนวนกล้วยในเครื่องสไลด์

2.1.1 การรับรู้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษารับรู้ปัญหาเมื่อชุดนับจำนวนกล้วยที่ไสด์ผิดพลาดระหว่างการนับโดยจำนวนการนับของกล้วยจริงกับชุดนับมีจำนวนแตกต่างกันเป็นเหตุให้นักศึกษารับรู้ว่าชุดนับมีปัญหาในการนับ ทำให้ไม่ได้จำนวนกล้วยที่แท้จริง ดังที่นักศึกษาได้อธิบายในอนุทินดังนี้

"สังสัยชุดนับจะเพี้ยนเพราะว่าผมใส่กล้วย 5 ลูกแต่ผลการนับได้ 8 ลูก"

จากปัญหาที่เกิดขึ้นนักศึกษารับรู้ปัญหาจากการทำงานของชุดนับทำงานไม่เป็นไปตามจำนวนกล้วยที่นับจริงทำให้นักศึกษาพยายามที่จะค้นหาสาเหตุ

2.1.2 การค้นหาสาเหตุของปัญหา ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาค้นหาปัญหาโดยวิธีการลองผิดลองถูกจากการเดาสุ่มในจุดที่นักศึกษาคิดว่าน่าจะเป็นปัญหาของการนับผิดพลาดดังที่นักศึกษาได้อธิบายในอนุทินดังนี้

"ผมเดาว่าการนับเพี้ยนน่าจะเกิดจากชุดนับเพราะว่าชุดควบคุมไม่มีอะไรมากเพียงต่อลิมิตสวิตซ์จากเครื่องไสด์กล้วยเข้ามาที่ชุดนับ"

จากการอธิบายนักศึกษาได้เดาสุ่มจากประสบการณ์ของตนเองว่าชุดควบคุมน่าจะมีปัญหาเพราะในการเชื่อมต่อกับเครื่องสไลด์กล้วยเพียงเชื่อมลิมิตสวิตซ์กับเครื่องนับเท่านั้น ซึ่งลิมิตสวิตซ์ไม่น่าจะมีปัญหาอะไร จากการที่นักศึกษาสันนิษฐานว่าน่าจะเกิดจากชุดนับทำให้นักศึกษาลองเปลี่ยนชุดนับซึ่งผลปรากฏว่ายังมีปัญหาเหมือนเดิมทำให้นักศึกษาสุ่มแก้ปัญหาต่อซึ่งนักศึกษาเดาว่าน่าจะเกิดจากลิมิตสวิตซ์ นักศึกษาได้ทดลองใช้สวิตซ์ที่ป้องกันสัญญาณรบกวนแทนลิมิตสวิตซ์ ผลปรากฏว่าชุดนับสามารถทำงานได้เป็นปกติ ทำให้นักศึกษาทราบต้นเหตุของปัญหาที่แท้จริง

2.1.3 นักศึกษาดำเนินการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาใช้วิธีการวางแผนอย่างเป็นระบบในการแก้ปัญหานี้โดยนักศึกษาได้อธิบายไว้ในอนุทินดังนี้

"ทำเครื่องสไลด์กล้วยปัญหาที่พบคือสัญญาณรบกวนจากลิมิตสวิตซ์ตรวจจับกล้วยผมจึงวางแผนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นคือ 1) ใช้ปัฟเฟอะดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการลดสัญญาณรบกวนในระบบ 2) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการลดสัญญาณรบกวนในระบบ 3) ใช้ไอซีปัฟเฟอะทีทีแอลในการลดสัญญาณรบกวนในระบบ ผลปรากฏว่าใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สุด"

จากการอธิบายของนักศึกษาแสดงให้เห็นว่านักศึกษามีการวางแผนการแก้ปัญหาของระบบโดยมีการทดลองใช้ชุดป้องกันสัญญาณรบกวน 3 ชนิดและได้ข้อสรุปว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากที่สุด

สรุป นักศึกษารับรู้เกี่ยวกับปัญหาเมื่อชุดนับจำนวนกล้วยนับผิดพลาดและดำเนินการค้นหาปัญหาด้วยวิธีการเดาสุ่มและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่คิดว่าน่าจะเกิดปัญหา จนกระทั่งพบปัญหาที่แท้จริงจึงดำเนินการแก้ปัญหานั้นอย่างเป็นระบบโดยวางแผนการทดลองทีละส่วนและสามารถประเมินได้ว่าวิธีการแก้ปัญหาไหนให้ผลดีที่สุด

2.2 ระบบควบคุมนิวเมติกส์ โครงงานนี้เป็นโครงงานที่นักศึกษาประยุกต์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเพื่อใช้งานจริงในการควบคุมระบบนิวเมติกส์ ซึ่งระบบเดิมใช้ระบบ พี แอล ซี โดยนักศึกษาได้ทดลองระบบโดยการจำลองเงื่อนไขการทำงานของระบบเดิมจากสวิตซ์และแอลอีดีจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ซึ่งนักศึกษาพบว่าการทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่นักศึกษาวางไว้ โดยแสดงผลการจำลองการทำงานด้วยแอลอีดี หลังจากนั้นนักศึกษาได้นำไปใช้ควบคุมระบบจริง

2.2.1 การรับรู้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า เมื่อนักศึกษาได้เชื่อมต่อระบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเข้ากับระบบนิวเมติกส์ ระบบนิวเมติกส์ไม่สามารถที่จะทำงานได้ นักศึกษารับรู้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบที่ไม่ทำงานดังที่นักศึกษาได้อธิบายในการเขียนรายงานโครงงานดังนี้

"ผมมั่นใจระบบผมทำงานไม่พลาดเพราะว่าทดลองจำลองการทำงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกแล้ว การออกแบบวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์เรียบร้อยแล้ว เพียงแต่เมื่อเชื่อมเข้าระบบจริงผมแทน เอาพุทที่เป็น แอลอีดี ด้วยรีเลย์เพื่อเปิดปิดระบบลมเท่านั้น"

จากการอธิบายของนักศึกษา พบว่านักศึกษามีความมั่นใจในระบบที่จำลองการทำงานถูกต้องก่อนเชื่อมต่อระบบ แต่เมื่อเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเข้ากับระบบ พบว่าระบบไม่สามารถที่จะทำงานตามที่วางแผนไว้

2.2.2 การค้นหาสาเหตุของปัญหา ผลการวิจัยพบว่านักศึกษากลุ่มนี้ใช้วิธีการเดาสุ่มตรวจสอบจุดที่คิดว่าเกิดปัญหา ระบบไม่ทำงานเพราะว่ารีเลย์ที่มีหน้าที่เปิดปิดระบบลมไม่ทำงาน นักศึกษาจึงดำเนินการตรวจสอบจุดที่ระบบไฟจากชุดดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกขับรีเลย์โดยตรงดังที่นักศึกษาอธิบายไว้ในการเขียนรายงานโครงงานดังนี้

"เมื่อนำมิเตอร์มาวัดไฟดูปรากฏว่า มีไฟออกมาจากดิจิตอลเล็กทรอนิกส์บล็อกที่ขับรีเลย์เพียง 2 โวลต์ ผมจึงสันนิษฐานว่ารีเลย์ไม่ทำงานเพราะไฟไม่พอ"

จากการอธิบายของนักศึกษาพบว่านักศึกษาใช้วิธีการค้นหาปัญหาโดยสุ่มจุดที่คิดว่าน่าจะเกิดปัญหาโดยใช้ประสบการณ์และความรู้ที่เคยได้รับจากการเรียน จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการพบว่าในการค้นหาปัญหาของนักศึกษาส่วนมากมักจะใช้ความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่มีอยู่ประกอบการวิเคราะห์และการค้นหาสาเหตุของปัญหา

2.2.3 นักศึกษาดำเนินการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่านักศึกษากลุ่มนี้แก้ปัญหาด้วยการลองผิดลองถูกไปเรื่อยๆ ในการแก้ปัญหา ซึ่งจากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการนักศึกษาได้ทดลองหาวิธีการขับรีเลย์ด้วยไฟ 2 โวลต์ ซึ่งรีเลย์ต้องการไฟไม่ต่ำกว่า 3.5 โวลต์จึงจะทำงาน โดยวงจรแรกในการขับรีเลย์นักศึกษาใช้ทรานซิสเตอร์ขับรีเลย์ ซึ่งเมื่อรีเรย์ทำงานได้ชุดควบคุมดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ไม่ทำงานเนื่องจากมีสัญญาณรบกวนขณะรีเลย์ทำงานทำให้ชุดดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกหยุดทำงานเมื่อทำงานไปประมาณ 2 วินาที จึงเปลี่ยนไปใช้ชุดเชื่อมต่อทางแสง ซึ่งสามารถใช้งานได้แต่จะต้องเพิ่มวงจรการเชื่อมต่อทางแสงเข้าระบบซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ทำให้นักศึกษาทดลองขับรีเลย์ด้วยชุดขับมอเตอร์ที่นักศึกษาเคยใช้ขับมอเตอร์ขณะเล่นหุ่นยนต์ พบว่าใช้ได้ดังที่นักศึกษาได้อธิบายในอนุทินดังนี้

“ลองผิดลองถูกมาหลายอย่างแต่นึกได้ว่าดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกที่ขับมอเตอร์ในหุ่นยนต์ น่าจะขับรีเลย์ได้ ผมจึงทดลองขับรีเลย์ดูปรากฏว่าใช้ได้ ผมจึงแก้ปัญหานี้โดยการส่งเอาพุตไปที่ชุดขับมอเตอร์แทน ซึ่งมีไฟประมาณ 4 โวลต์”

นักศึกษาแก้ปัญหาโดยการใช้ความรู้เดิมที่มีในการแก้ปัญหาโดยใช้การขับด้วยรีเลย์ และการเชื่อมต่อทางแสงจนกระทั่งนักศึกษาพบวิธีที่ดีที่สุดคือใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกซึ่งใช้ขับมอเตอร์ในการทำงานของหุ่นยนต์ไปใช้ในการขับรีเลย์แทน

สรุปนักศึกษาเริ่มต้นกับการประสบปัญหาจากการเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกกับระบบนิวเมติกซ์ ซึ่งนักศึกษามั่นใจว่าระบบใช้งานได้เพราะมีการทดลองจำลองการทำงานมาแล้วแต่เมื่อใช้งานจริงพบปัญหาขึ้น นักศึกษาใช้วิธีการค้นหาปัญหาโดยวิธีการสุ่มจุดที่คิดว่าจะเกิดปัญหาโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีในการวิเคราะห์ปัญหาเมื่อพบปัญหาในกลุ่มนี้จะใช้วิธีการลองผิดลองถูกในการทำให้รีเลย์ทำงานและใช้ความรู้เดิมและประสบการณ์ในการแก้ปัญหา

ผลการเรียนรู้ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผลการเรียนรู้ด้านการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้วิจัยได้นำเสนอประเด็นข้อมูล 2 ประเด็นคือ 1) ข้อมูลเชิงปริมาณ 2) ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ จากการประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

1.1 บริบทของการเรียนรู้ร่วมกัน

การประเมินบริบทการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินโดยใช้เกณฑ์ Scoring Rubrics ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งมีองค์ประกอบภายใน 9 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบได้มีการแบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับคือ ขั้นเริ่มต้นได้ 1 คะแนน ขั้นพัฒนาได้ 2 คะแนน ขั้นทำได้สำเร็จได้ 3 คะแนนและขั้นเป็นแบบอย่างได้ 4 คะแนนรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก จ ผลการประเมินมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ระดับการประเมินกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน จากการใช้แบบประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนนของนักศึกษากลุ่มที่									คะแนนเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
การแลกเปลี่ยนข้อมูล	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	3.0	3.0	3.8	3.7
การรับฟังทรรศนะจากเพื่อนร่วมกลุ่ม	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	2.5	4.0	3.6
การประพฤติปฏิบัติงาน	4.0	4.0	3.8	3.0	3.8	3.3	3.0	3.0	3.3	3.3
การมีส่วนร่วมในการอภิปราย	3.5	4.0	4.0	3.8	3.0	3.8	3.3	3.0	2.0	3.3
การร่วมมือกันผลิตชิ้นงานของสมาชิกในกลุ่ม	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	2.3	4.0	3.3
บรรยากาศการทำงานร่วมกันในกลุ่ม	3.8	3.0	3.3	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2
การร่วมกันแก้ปัญหาของกลุ่ม	3.8	3.3	3.8	3.3	3.8	3.0	2.8	2.0	3.0	3.2
การสืบเสาะหาความรู้ในระหว่างการสร้างโครงงาน	3.8	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0
การค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูลก่อนสร้างโครงงาน	3.3	2.5	3.5	3.5	3.3	2.3	2.3	2.3	2.0	2.8

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ร่วมกันของนักศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นทำได้สำเร็จ โดยนักศึกษาให้ความสำคัญกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการรับฟังทัศนะจากเพื่อนร่วมกลุ่มเพราะมีคะแนนเฉลี่ย 3.7 และ 3.6 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ผลการประเมินค่อนข้างต่ำ ได้แก่ การค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูล และการสืบเสาะหาความรู้ เพราะมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 และ 3.0 ตามลำดับ

2.2 บริบทของความสามารถในการปฏิบัติงาน

การประเมินความสามารถในการปฏิบัติงานของนักศึกษา เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเน้นที่ความสามารถในการเรียนรู้ร่วมกันในการนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไปใช้ในการสร้างความรู้และกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน การคิด การแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้อิสระนักศึกษาในการนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไปสร้างสรรค์สติปัญญา ผู้วิจัยใช้การประเมินตามเกณฑ์

Scoring Rubrics ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในการประเมินความสามารถการปฏิบัติงานของนักศึกษา ซึ่งมีองค์ประกอบภายใน 8 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบได้มีการแบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับคือ ขั้นเริ่มต้นได้ 1 คะแนน ขั้นพัฒนาได้ 2 คะแนน ขั้นทำได้สำเร็จได้ 3 คะแนนและขั้นเป็นแบบอย่างได้ 4 คะแนนรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก จ ผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระดับการประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน จากการใช้แบบประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนนของนักศึกษากลุ่มที่									คะแนน
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	เฉลี่ย
ความสามารถในการประยุกต์ใช้งาน	4.0	4.0	3.3	3.0	4.0	4.0	3.5	3.3	4.0	3.7
ความสามารถในการแก้ปัญหา	3.8	4.0	3.8	3.3	4.0	4.0	3.0	2.8	4.0	3.6
การเชื่อมต่อวงจรในการใช้งาน	3.5	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	3.3	3.0	3.0	3.4
การเลือกใช้งานดิจิตอล อิเล็กทรอนิกส์บล็อก	3.8	2.8	4.0	3.8	3.0	3.3	2.8	1.8	3.8	3.3
บอกคุณสมบัติและหน้าที่ของบล็อก	3.5	3.3	3.8	3.8	3.8	2.0	2.5	1.8	3.0	3.0
การนำเสนอผลงาน	3.5	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0
การเชื่อมต่อแต่ละบล็อกให้ทำงาน	3.0	3.3	3.5	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.8	2.8
ความเข้าใจการออกแบบระบบ	3.5	2.5	3.5	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.6

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการปฏิบัติงานของนักศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นทำได้สำเร็จ โดยนักศึกษาให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้งานและการแก้ปัญหาเพราะมีคะแนนเฉลี่ย 3.7 และ 3.6 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ผลการประเมินค่อนข้างต่ำได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบและการเชื่อมต่อแต่ละบล็อกให้ทำงาน เพราะมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 และ 2.8 ตามลำดับ

2.3 ผลผลิตที่เป็นชิ้นงาน

จากการเรียนรู้ร่วมกันในการสร้างชิ้นงาน ผู้วิจัยใช้การประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในการประเมินชิ้นงาน ข้อมูลจากแบบประเมินที่ใช้ในการประเมินชิ้นงานจะพิจารณาตามองค์ประกอบ 9 องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบได้มีการแบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับคือ ขั้นเริ่มต้นได้ 1 คะแนน ขั้นพัฒนาได้ 2 คะแนน ขั้นทำได้สำเร็จได้ 3 คะแนนและขั้นเป็น

แบบอย่างได้ 4 คะแนน โดยในการวิจัยได้ใช้แบบประเมินใน 2 ลักษณะคือ ผู้วิจัยประเมินและนักศึกษาประเมินตนเอง ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 4.6 ประเมินชิ้นงานโดยผู้วิจัย

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนนของนักศึกษากลุ่มที่									คะแนนเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
การคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ของการเรียนรู้	3.8	4.0	3.8	4.0	3.8	3.5	3.0	2.8	3.5	3.6
ความแปลกใหม่ของชิ้นงาน	4.0	3.8	4.0	3.3	3.5	2.5	3.0	2.5	3.8	3.4
คุณภาพของชิ้นงาน	3.5	3.5	3.5	3.8	3.8	3.0	2.5	2.0	3.0	3.2
การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน	3.3	3.3	4.0	3.8	3.8	2.0	1.5	1.8	3.0	2.9
ชิ้นงานมีความสอดคล้องระหว่างสภาพแวดล้อมกับคุณลักษณะชิ้นงาน	3.5	3.0	3.8	2.8	3.3	2.3	2.8	1.8	3.3	2.9
การทำงานตามหน้าที่ของชิ้นงาน	3.3	3.0	3.5	3.0	3.0	2.0	2.0	2.3	3.0	2.8
ความเหมาะสม ความปลอดภัยและความแข็งแรงของชิ้นงาน	3.5	3.3	3.3	3.0	3.3	2.3	2.5	1.5	2.8	2.8
ความสวยงามของชิ้นงาน	3.3	3.0	3.5	3.3	3.8	2.3	2.3	1.3	3.0	2.8
การออกแบบมีความสอดคล้องกับเป้าหมาย	3.3	3.3	3.5	3.0	3.5	1.8	1.5	1.3	3.3	2.7

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าระดับคะแนนเฉลี่ยของชิ้นงานของนักศึกษาทั้งหมด 9 กลุ่ม โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นทำได้สำเร็จโดยประเด็นที่ระดับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ การคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ของการเรียนรู้และความแปลกใหม่ของชิ้นงานได้ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.6และ 3.4 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือการออกแบบมีความสอดคล้องกับเป้าหมาย ได้ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.7

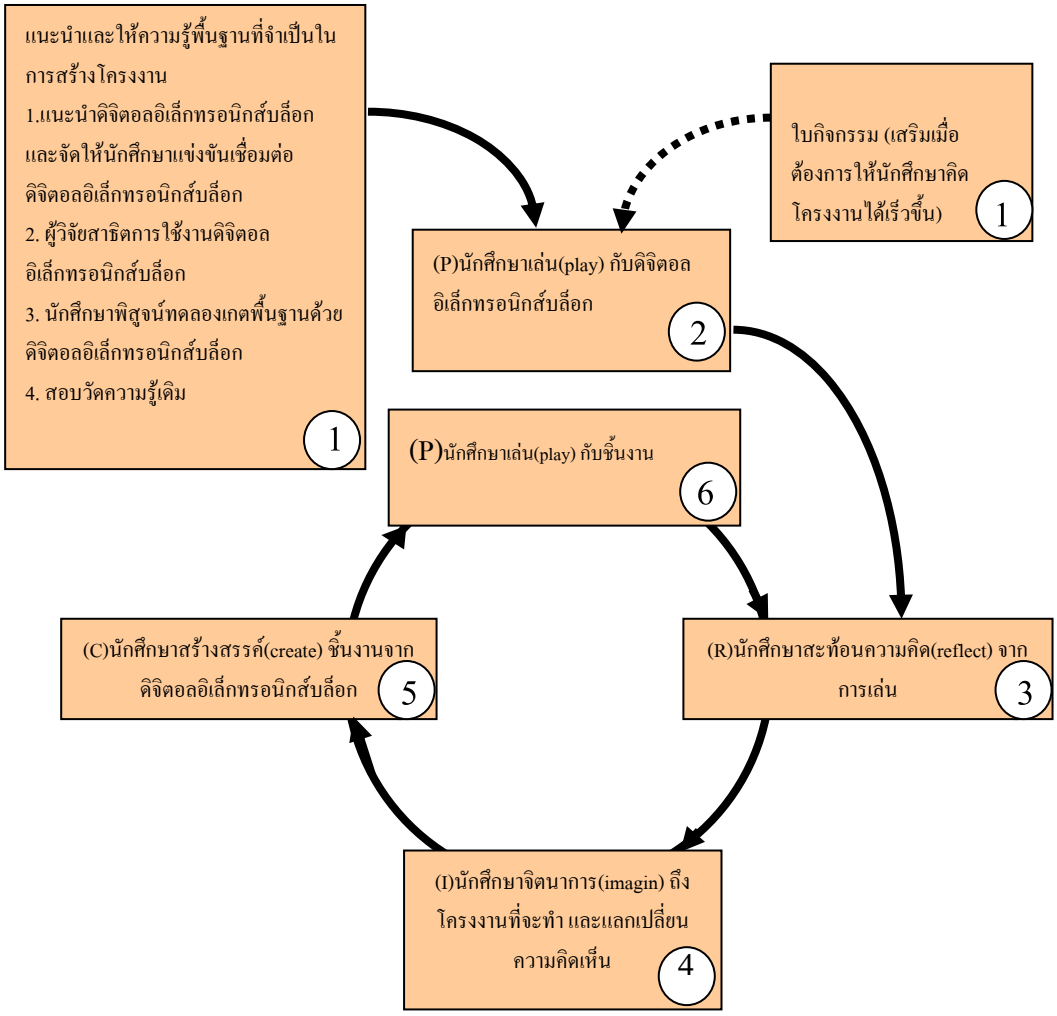
ตารางที่ 4.7 ประเมินชิ้นงานโดยนักศึกษาประเมินตนเอง

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนนของนักศึกษากลุ่มที่									คะแนนเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
การคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ของการเรียนรู้	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	3.5	3.0	3.0	3.8	3.7
ความแปลกใหม่ของชิ้นงาน	4.0	3.8	4.0	3.3	4.0	2.5	2.8	2.5	4.0	3.4
คุณภาพของชิ้นงาน	3.8	3.5	4.0	3.8	3.8	3.0	2.8	2.5	2.8	3.3
ชิ้นงานมีความสอดคล้องระหว่างสภาพแวดล้อมกับคุณลักษณะชิ้นงาน	3.8	3.5	3.8	3.5	3.5	2.5	2.8	2.3	3.3	3.2
การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน	3.8	3.3	4.0	3.8	3.8	2.3	2.0	2.3	3.0	3.1
การทำงานตามหน้าที่ของชิ้นงาน	3.8	3.0	3.5	3.0	3.0	2.3	2.3	2.5	3.0	3.0
ความสวยงามของชิ้นงาน	4.0	3.0	3.5	3.3	3.5	2.3	2.5	2.3	2.8	3.0
การออกแบบมีความสอดคล้องกับเป้าหมาย	3.0	3.3	4.0	3.5	3.5	2.3	2.0	2.0	2.5	2.9
ความเหมาะสม ความปลอดภัยและความแข็งแรงของชิ้นงาน	3.3	3.5	3.3	3.0	3.3	2.3	2.3	2.0	2.5	2.8

จากตารางที่ 4.7 แสดงแสดงให้เห็นว่าระดับคะแนนเฉลี่ยของชิ้นงานของนักศึกษาทั้งหมด 9 กลุ่ม โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นทำได้สำเร็จโดยประเด็นที่ระดับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ การคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ของการเรียนรู้และความแปลกใหม่ของชิ้นงานได้ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.7 และ 3.4 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ความเหมาะสม ความปลอดภัยและความแข็งแรง ได้ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.8

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยนำเสนอปรากฏการณ์ของการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันของนักศึกษาในระหว่างการสร้างโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์โดยนักศึกษาเรียนรู้ร่วมกันตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 6 แสดงดังภาพที่ 4.15 ดังนี้



ภาพที่ 4.14 การเรียนรู้โดยโครงงานด้านการเรียนรู้ร่วมกัน

2.1 การแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน (share) ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีการแลกเปลี่ยนงานกันทำภายในกลุ่ม โดยสาเหตุที่นักศึกษามีการแลกเปลี่ยนงานกันทำนักศึกษาให้เหตุผลว่าในตอนเริ่มทำโครงงานนักศึกษามีการแบ่งงานกันทำ ซึ่งทำให้แต่ละคนทำงานในสิ่งที่ตนเองได้รับมอบหมาย เมื่องานถูกแบ่งเป็นส่วนๆ เมื่องานเสร็จแต่ละคนจะนำแต่ละส่วนของตนมาประกอบเข้ากับส่วนของเพื่อนที่ได้รับมอบหมายเพื่อให้เป็นระบบที่ต้องการ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาคือ งานแต่ละส่วนไม่สามารถที่จะเข้ากันได้เพราะแต่ละคนก็จะสร้างและออกแบบเฉพาะในส่วนของตน ทำให้ไม่สามารถที่จะเชื่อมต่อกับของคนอื่นๆ ได้ นักศึกษาต้องแก้ปัญหาโดยการแลกเปลี่ยนกันทำโดยให้แต่ละคนสลับกันทำส่วนของเพื่อนๆ เท่าที่เวลาจะมีให้โดยใช้ข้อมูลจากที่เพื่อนมีให้

ในการแลกเปลี่ยนงานกันทำนักศึกษาพบว่าเพื่อนมีแนวคิดที่แตกต่างจากที่ตนเองทำวงจรใช้งานง่ายและมีความสมบูรณ์มากขึ้น ประกอบกับเพื่อนสามารถที่จะเชื่อมต่อในส่วนของตนเองเข้ากับส่วนที่แลกเปลี่ยนกันทำ เช่นนักศึกษาสร้างโครงงานสายพานลำเลียงสิ้นค้านักศึกษาจะแบ่งงานกว้างๆ ออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของฮาร์ดแวร์และส่วนของซอฟท์แวร์ ส่วนฮาร์ดแวร์นักศึกษาจะสร้างระบบสายพานขึ้นมาโดยเฉพาะกลไกในการหมุนและเซ็นเซอร์ในการตรวจนับส่วนซอฟต์แวร์จะเขียนโปรแกรมการตรวจจับและนับพร้อมทำการแสดงผล นักศึกษาพบว่าแต่ละคนจะมีแนวคิดที่แตกต่างกันและการอธิบายบางทีก็ไม่สามารถเข้าใจได้จะต้องทำให้ดู ในขณะทำโครงงานนักศึกษาจะมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน โดยนักศึกษาได้สอบถามเพื่อนว่า ทำไมต้องใช้วงจรนี้ทำไมต้องมีวงจรเปรียบเทียบสองวงจรเช่นในโครงงานการทำเครื่องอบไก่ นักศึกษาจะเดินมาดูเพื่อนๆ ทำอย่างไรและพยายามสอบถามและเรียนรู้ หลังจากนั้นนักศึกษาจะนำความรู้หรือแนวคิดนั้นไปต่อยอดโดยไม่ต้องเริ่มต้นนับหนึ่งใหม่ นักศึกษาอธิบายว่าในบางกลุ่มที่ทำงานช้าเพราะว่ายังใช้ความพยายามได้ไม่ถึงขั้น และบางกลุ่มจะไม่สร้างโครงงานที่ต่อเนื่องจะต้องมีการมาสร้างใหม่อีกครั้งเพราะลืมวงจรเดิมแล้วทำให้เสียเวลา

ในการแลกเปลี่ยนความรู้นักศึกษาได้อธิบายว่าทำให้นักศึกษามีความเข้าใจมากขึ้นหรือแม้แต่บางครั้งคิดโครงงานไม่ได้นักศึกษาได้แลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ จะทำให้นักศึกษามีแนวทางที่จะทำต่อไปแม้ว่าจะยังคิดไม่ออกในงานที่จะทำ ในการสร้างโครงงานนักศึกษาจะนำแนวคิดจากเพื่อนๆ ไปทดลองใช้ นักศึกษากลุ่มหนึ่งอธิบายว่า ในการทำการทดลองในระยะแรกจะไม่มีการบันทึกสิ่งที่ได้จากการทดลองทำให้เสียเวลาเพราะจะลืมหน้าที่การทำงานของวงจรนั้นแต่เมื่อได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่มที่ทำงานได้เร็วปรากฏว่าจะต้องมีการจดบันทึกสภาวะลอจิกของวงจรไว้และได้รับคำแนะนำจากเพื่อนๆ ให้ลองใช้วิธีการนี้ดูปรากฏว่าใช้ได้ผล

การแลกเปลี่ยนงานภายนอกกลุ่ม นักศึกษาพบว่าเพื่อนบางกลุ่มมีการพัฒนาแนวคิดที่ซับซ้อนกว่าตัวเองมาก ในบางวงจรนักศึกษาพยายามที่จะเข้าใจเพื่อนกลุ่มที่แลกงานกันทำ ซึ่งบางครั้งพบว่าเพื่อนมีแนวคิดที่ซับซ้อนและท้าทายมาก นักศึกษาอธิบายว่าในการนำโครงงานของเพื่อนมาทำจะทำให้กลุ่มของตนได้ทราบแนวคิดและวิธีคิดของเพื่อนว่าเขาคิดวงจรนี้ออกมาได้อย่างไร และทำไมหรือมีเหตุผลอย่างไรถึงคิดออกมาในลักษณะนี้ ทำให้รับรู้ว่าเพื่อนมีความสามารถแตกต่างจากเรามากขนาดไหนและจะเรียนรู้วิธีคิดจากเขาได้อย่างไร ในการแลกโครงงานกันทำ บางกลุ่มพบว่าเพื่อนใช้วงจรลอจิกที่ซับซ้อนเกินไป เช่นโครงงานเครื่องตัดกระดาษ ซึ่งนักศึกษานำของเพื่อนมาปรับวงจรใหม่แต่หน้าที่การทำงานเป็นไปตามเดิม ซึ่งทำให้กลุ่มที่คิดวงจรที่มีการใช้ลอจิกเกตจำนวนมากได้รับทราบว่า ในบางครั้งเราไม่จำเป็นต้องใช้วงจรที่ซับซ้อนสามารถใช้วงจรที่ง่ายๆแต่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพได้ ทำให้นักศึกษาได้รับรู้ถึงงานที่ทำไม่จำเป็นต้องมีคำตอบเดียวสามารถที่จะสร้างวงจรอย่างอื่นที่ทำงานได้ดีกว่าหรือเทียบเท่ากันได้

จากการที่นักศึกษาแลกเปลี่ยนงานกันทำภายในกลุ่มและแลกโครงงานกันทำนอกกลุ่ม พบว่ากระบวนการที่เกิดขึ้นคือวงจรการเรียนรู้ที่เกิดจาก ความรู้หรือประสบการณ์อะไรที่อยู่ในสมองของนักศึกษาจะถูกนำออกมาแลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ ส่วนความรู้หรือประสบการณ์อะไรที่อยู่ข้างนอกจะถูกนำเข้าไปเพิ่มความเข้าใจเดิมที่อยู่ในสมองยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการนี้จะสลับกันไปมาเป็นวงจรพลวัตรอย่างไม่มีที่สิ้นสุดในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสร้างความรู้ไปเรื่อยๆ

2.2 การร่วมกันผลิตชิ้นงาน ผลการวิจัยพบว่าในการสร้างโครงงานแต่ละกลุ่มมีความชอบและสร้างโครงงานที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ให้อิสระและโอกาสในการสร้างโครงงานที่หลากหลายโดยให้แต่ละกลุ่มเลือกเองว่าจะทำอะไร โดยแต่ละกลุ่มได้รับอุปกรณ์ที่เหมือนกันคือ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกจำนวน 8 บล็อก นักศึกษานำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไปสร้างโครงงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแนวคิดของนักศึกษา ซึ่งนักศึกษาแต่ละกลุ่มในระยะแรกของการวิจัยผู้วิจัยให้นักศึกษาคิดโครงงานโดยอิสระไม่มีใบกิจกรรมให้นักศึกษาสร้างโครงงานที่หลากหลายและรูปแบบการทำงานด้วยตัวเอง ในระยะแรกนักศึกษาอธิบายว่าค่อนข้างจะสับสนเพราะว่าไม่คุ้นเคยกับการเรียนวิธีนี้ นักศึกษาใช้เวลานานในการสร้างกระบวนการเรียนรู้ของตนเองและของกลุ่ม เมื่อระยะเวลานานขึ้นนักศึกษาสามารถคิดโครงงานได้เร็วและมีความซับซ้อนมาก นักศึกษาอธิบายว่าขณะนี้นักศึกษาทราบรูปแบบแล้วว่าจะสร้างโครงงานอย่างไรแทบจะไม่มีความขัดแย้งกันเลยภายในกลุ่ม ผิดกับตอนแรกที่นักศึกษาแต่ละคนพยายามนำแนวคิดของตนเองใส่เข้าไป

ในโครงงานให้มากที่สุด จึงทำให้เกิดการถกเถียงทำให้เสียเวลามาก แต่ขณะนี้ใครคิดอะไรได้จะพร้อมใจกันคิดโครงงานนั้นทันที ซึ่งนักศึกษาพบวิธีการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มนี้จะไม่สามารถที่จะอธิบายออกมาได้ว่ารูปแบบการทำงานของกลุ่มตัวเองทำงานอย่างไร แต่สามารถทำงานได้เร็วและเสร็จตามกำหนดเวลา ซึ่งการที่ผู้วิจัยให้ความอิสระในการคิดทำให้นักศึกษาค้นพบรูปแบบการคิดและการทำงานเฉพาะตัวเองเฉพาะของกลุ่มได้นี้คือการให้ทางเลือกไม่ได้จำกัดแนวคิดของนักศึกษา เป็นวิธีการที่นักศึกษาใช้ในการผลิตชิ้นงานร่วมกัน

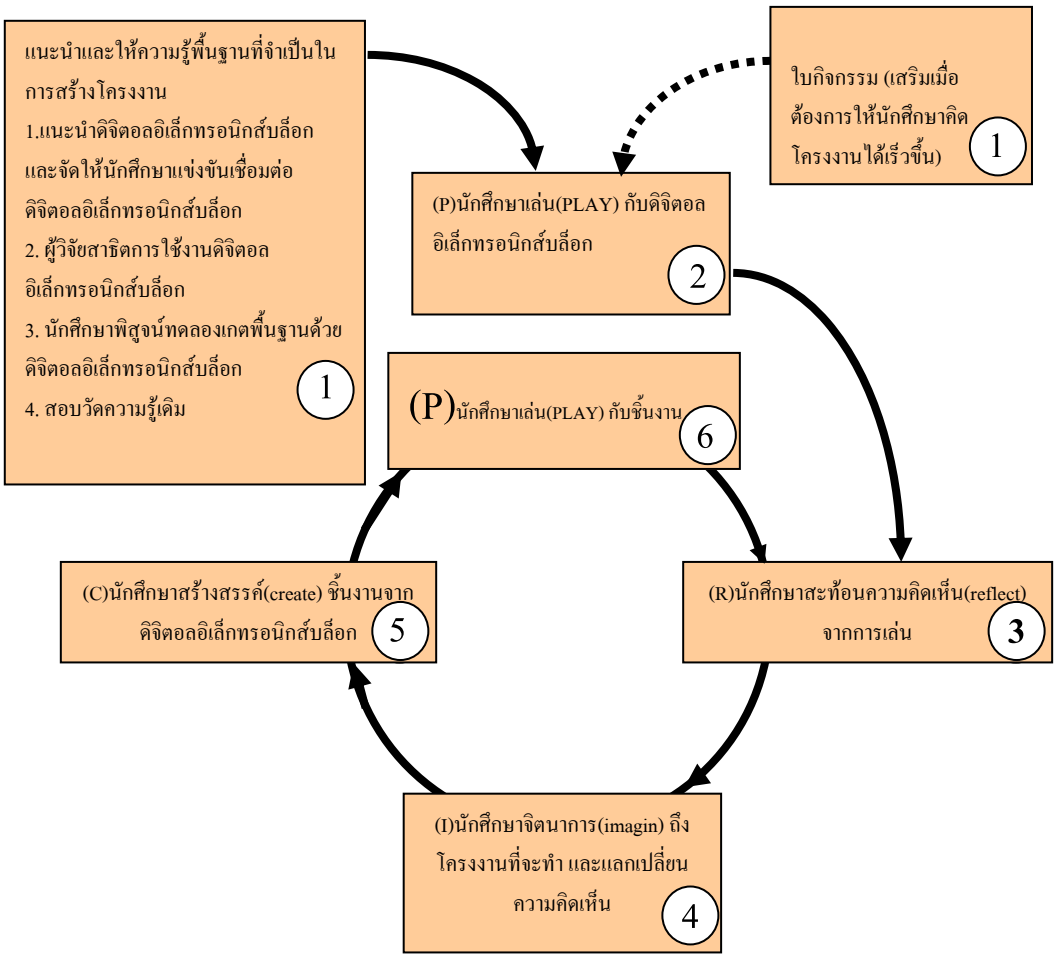
2.3 การปฏิบัติงานร่วมกัน ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีรูปแบบการคิดและการทำงานอยู่สองรูปแบบคือ นักวางแผน (planer) และนักคิดไปทำไป (bricolage) เมื่อมีการสร้างชิ้นงานที่มีความหมาย จะไม่มีวิธีใดที่เป็นวิธีที่ถูกต้องในการกระทำเพียงวิธีเดียว นักศึกษาใช้วิธีการทำงานที่แตกต่างกันแต่มีความสำเร็จเช่นเดียวกัน นักศึกษาที่ทำเครื่องนับสินค้าจะมีการวางแผนและแบ่งงานกันทำทำงานอย่างเป็นระบบ เมื่องานมีปัญหาก็จะช่วยกันแก้ไขปรับปรุงงานไปตามขั้นตอนมีการวางแผนจะทำอะไรก่อนหลัง มีรูปแบบการคิดที่เป็นนักวางแผน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า กลุ่มนี้จะทำงานค่อนข้างช้าและจากการสังเกตพบว่ากลุ่มนี้จะแบ่งงานกันทำและมอบหมายหน้าที่กันอย่างชัดเจน แต่กลุ่มการสร้างหุ่นยนต์รักษาความสมดุลจะไม่มีการวางแผนจะสร้างและทำไปเรื่อยๆ คิดไปทำไปลองผิดลองถูกไปเรื่อยๆ สุดท้ายงานก็เสร็จจากการสังเกตกลุ่มนี้จะร่วมกันทำและงานจะเสร็จเร็ว จากการวิจัยพบว่าในกลุ่มจะมีการทำงานแบบไหนขึ้นอยู่กับผู้นำกลุ่มว่ามีรูปแบบการคิดและการทำงานอย่างไร ในกลุ่มของนักวางแผนผู้นำกลุ่มจะมีแนวคิดเป็นนักวางแผนและสมาชิกภายในกลุ่มจะเห็นด้วยที่จะทำงานในลักษณะนี้ ส่วนกลุ่มนักคิดไปทำไปผู้นำกลุ่มจะมีแนวคิดแบบคิดไปทำไปภายในกลุ่มก็จะเห็นพร้อมด้วยในการทำงาน

2.4 บรรยากาศการทำงานร่วมกัน ผลการวิจัยพบว่าบรรยากาศของการเรียนเป็นไปด้วยความเคร่งเครียดในระยะแรกของการสร้างโครงงาน แต่เมื่อเวลาผ่านไปบรรยากาศเริ่มดีขึ้นนักศึกษามีการเดินไปมาได้ดูคนอื่นๆ เขาทำอะไรกัน ได้เห็นแนวคิดของกลุ่มอื่นที่คิดแตกต่างจากกลุ่มของตนเอง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนกับเพื่อนมีความใกล้ชิดมากขึ้น นักศึกษากล้าคิดกล้าถามมากขึ้น แต่นักศึกษายังคงมีการเล่นที่ไม่ได้สนใจการทำงานภายในกลุ่มทำให้บางกลุ่มงานช้ากว่ากำหนด

2.5 การรวบรวมและการสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษารอให้อาจารย์ผู้สอนอธิบาย ซึ่งบางคนสับสนว่าทำไมอาจารย์จึงไม่สอน เพียงแต่แนะนำเนื้อหาเบื้องต้นและให้นักศึกษาคิดโครงงาน นักศึกษาทุกคนจะรอคอยการอธิบายจากครูผู้สอน จะต้องทำอะไรบ้าง จะต้องเตรียมอะไรบ้าง จะต้องค้นหาข้อมูลจากไหน ถึงจะคิดและสร้างโครงงานได้ นักศึกษาต้องการให้ผู้สอนบอกให้ทำมากกว่าจะคิดและทำเอง และเมื่อมีการสร้างโครงงานนักศึกษาจะไม่สามารถที่จะสร้างโครงงานต่อได้เนื่องจากจะต้องค้นหาข้อมูลเพิ่ม แต่นักศึกษาไม่ทราบจะต้องทำอย่างไร จะพยายามให้อาจารย์ทำให้ดู ให้อาจารย์อธิบายในทุกๆ ขั้นตอนอย่างละเอียด

ด้านการสะท้อนความคิดจากการกระทำของนักศึกษาในการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพ จากการสะท้อนความคิดของนักศึกษาจากการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (reflect-in-action) โดยใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ อนุทิน การเขียนรายงานของนักศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นวิธีการและรูปแบบการสะท้อนความคิดเห็นผ่านขั้นตอนกิจกรรมโดยโครงงานโครงงานหุ่นยนต์รักษาความสมดุล โครงงานระบบนับจำนวนสินค้า และโครงงานเกมส์จุดไม้ขีดไฟ ซึ่งนักศึกษามีการสะท้อนความคิดจากการกระทำโครงงานตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึง ขั้นตอนที่ 6 แสดงดังภาพที่ 4.15 ดังนี้



ภาพที่ 4.15 การสะท้อนความคิดจากการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

1. โครงงานหุ่นยนต์รักษาความสมดุล ผลการวิจัยพบว่านักศึกษา สร้างโครงงานหุ่นยนต์โดยมีเป้าหมายคือหุ่นยนต์จะต้องเดินหน้าไปเรื่อยๆ โดยชุดควบคุมความสมดุลที่ใช้ในการควบคุมตั้งอยู่ตรงกลางเมื่อหุ่นยนต์เอียงไปด้านใดด้านหนึ่งระบบการควบคุมความสมดุลจะทำงาน นักศึกษารู้ในการกระทำของตัวเอง (knowing-in-action) ถึงความรู้ที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ซึ่งประกอบด้วยวงจรควบคุมการเดินหน้าของหุ่นยนต์เมื่อกดสวิตซ์ 1 หุ่นยนต์เดินหน้า และเมื่อกดสวิตซ์ 2 หุ่นยนต์หยุด และวงจรหุ่นยนต์เดินหน้าเมื่อไม่มีการกดสวิตซ์ที่ควบคุมหุ่นยนต์และหุ่นยนต์จะถอยหลังเมื่อมีการกดสวิตซ์ นักศึกษาใช้ 2 วงจรทำงานร่วมกัน ซึ่งเป็นตามทฤษฎีในการปฏิบัติ (theory-in-action) แล้วสามารถทำงานได้ แต่เมื่อใช้งานจริงไม่สามารถที่จะทำงานได้ ทำให้นักศึกษามีการหยุดและคิดว่ามีอะไรเกิดขึ้น ปัญหาที่เกิดขึ้นจะเป็นการกระตุ้นให้หยุดและคิดซึ่งจะเป็นการเริ่มต้นให้มีการสะท้อนความคิดในการจัดการกับสิ่งที่เกิดขึ้น ดังที่นักศึกษาอธิบายว่า “…ทดลองวาดวงจร 2 วงจรร่วมกันพอทดสอบการทำงาน วงจรใช้ไม่ได้ ผมงงและสงสัยว่าทำไม

จึงคิดว่า ที่วงจรใช้ไม่ได้เพราะ สวิตซ์ แต่ทดสอบดูไม่ใช่ จึงนั่งคิดและทดลองประมาณ 2 วัน ยังไม่ได้…”

จากการที่นักศึกษาพบกับการไม่ทำงานของหุ่นยนต์ทำให้นักศึกษาหยุดและคิดถึงการทำงานของหุ่นยนต์ นักศึกษาเผชิญกับปัญหาหรือเหตุการณ์ที่ไม่เป็นไปตามที่ต้องการ นักศึกษาใช้วิธีการทดลองไปเรื่อยๆ ลองผิดลองถูกโดยนักศึกษาจะใช้ทฤษฎีการตอบสนอง (theory-response) ที่ตนเอง คิดว่าใช้ได้ในการแก้ปัญหาโดยนำวงจรต่างๆ ที่นักศึกษามีความรู้หรือประสบการณ์ที่ผ่านมาต่อเพิ่มเติมซึ่งเป็นการบังคับให้นักศึกษาระลึกถึงสมมติฐานต่างๆ ที่จะทำให้หุ่นยนต์ทำงาน ดังที่นักศึกษาอธิบายว่า “...วันที่ 3 ผมก็เปลี่ยนวิธีการโดยทดลองไปเรื่อยๆ ลองเอาวงจรต่าง ๆ ต่อร่วมเข้าไปอีกเมื่อทดสอบการทำงานดูปรากฏว่าใช้ได้...”

การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนักศึกษาจะได้ความรู้ใหม่ในการกระทำ (knowledge –in –action) ซึ่งหุ่นยนต์สามารถทำงานได้ โดยการรักษาความสมดุลในการเคลื่อนที่ จากกระบวนทั้งหมดนักศึกษาจะมีการใช้ทฤษฎีจากหลักวิชาการและทฤษฎีของตนเองในการเผชิญกับปัญหาซึ่งวิธีการและรูปแบบนี้นักศึกษาแต่ละคนแต่ละกลุ่มจะไม่เหมือนกัน ปัญหานี้เป็นเพียงปัญหาหนึ่งในการสร้างโครงงานซึ่งผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีการหยุดและคิดหลายครั้งในการสร้างโครงงานหนึ่งโครงงานเมื่อพบกับสิ่งที่ไม่คาดคิดหรือไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

2. โครงงานระบบนับจำนวนสินค้า นักศึกษาสร้างโครงงานนี้จากแนวคิดของการเชื่อมต่อการทำงานของดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกทำงานร่วมกับ เลโกโลโกซึ่งนักศึกษากำหนดเงื่อนไขโดยนับสินค้าลงกล่อง 10 ชิ้น จากนั้นจะหยุดส่งสินค้าลงกล่องจนกระทั้งมีกล่องใหม่เข้ามาถึงจะเริ่มกระบวนการใหม่ ในตอนเริ่มต้นนักศึกษาสร้างวงจรนับสินค้าโดยความรู้เดิมที่มีอยู่ โดยนักศึกษาทราบจากความรู้เดิมในตอนเริ่มต้นของการสร้างโครงงาน ซึ่งการนับจะนับจาก 0 ถึง 15 แต่สิ่งที่นักศึกษาต้องการคือ การนับ 0 ถึง 9 จะได้สินค้า 10 ชิ้น นักศึกษาจะหยุดและคิด ควรจะปรับวงจรอย่างไรให้นับเพียง 10 ครั้งเท่านั้น นักศึกษาพยายามคิดถึงความรู้เดิมและประสบการณ์เดิมใช้การลองผิดลองถูกจนกระทั้งนักศึกษาพบวิธีการแก้ปัญหา นักศึกษาจะได้ความรู้ใหม่ในการทำให้วงจรนับเพียง 10 ซึ่งนักศึกษากลุ่มนี้มีการใช้วิธีการในการเผชิญกับปัญหานี้ด้วยวิธีการลองผิดลองถูก แต่เมื่อมีการใช้งานจริงปรากฏว่า สายพานลำเลียงไม่หยุดเมื่อสินค้าถูกส่งลงกล่องครบ 10 ชิ้นแล้ว นักศึกษาพบกับปัญหาอีกครั้ง นักศึกษาเริ่มกระบวนการเดิมโดยหยุดและคิดถึงความรู้เดิม

ที่มีเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา นักศึกษาใช้ทฤษฎีที่ตนเองคิดว่าจะใช้แก้ปัญหาได้ในการเผชิญกับปัญหา ซึ่งวิธีการกระทำของนักศึกษาคือการลองผิดลองถูก ดังที่นักศึกษาอธิบายว่า

> ...ปัญหาคือจะต้องให้มอเตอร์ หมุนเพียงรอบเดียวแล้วหยุด ซึ่งจากการศึกษาแล้วพบว่ามอเตอร์ จะหยุดหมุนจะต้องรีเซต หรือให้นับเกินเลข 9 แต่ถ้าเกินจะไม่มีอินพุตเข้ามารีเซตวงจร จึงใช้วิธีการลองผิดลองถูกอยู่หลายๆ อย่างเช่น ใช้วงจร เกตต่างๆ วงจรพลิปพลอป ก็ยังใช้ไม่ได้ สุดท้ายมาเกิดแนวคิดที่ว่า ถ้าเราใช้สวิตซ์ 2 ตัวที่ทำงานได้เหมือนกันแล้วเอาไว้คนละตำแหน่ง ถึงสามารถใช้งานได้...

จากการอธิบายนักศึกษามีรูปแบบการเผชิญปัญหาเหมือนเดิมคือ ลองผิดลองถูก โดยใช้ความรู้เดิมและความรู้ที่ตนเองคิดว่าจะแก้ปัญหาได้ในการแก้ปัญหาจนกระทั่งสุดท้ายนักศึกษาสามารถแก้ปัญหาได้ นักศึกษาจะได้ความรู้ใหม่ จากการสัมภาษณ์นักศึกษาในการแก้ปัญหาพบว่านักศึกษาไม่ใช้วิธีการวางแผนที่เป็นระบบเพราะว่าจะเสียเวลาและใช้ข้อมูลมาก และไม่สะดวกในการใช้งานเนื่องจากจะต้องทำอย่างเป็นขั้นตอน แต่การใช้การลองผิดลองถูกนักศึกษาจะทำงานได้เร็วกว่าและคล่องตัวกว่ามาก

3. โครงงานเกมส์จุดไม้ขีด โครงงานนี้นักศึกษามีการเผชิญปัญหาเป็นระยะในการทำโครงงานโดยโครงงานมีเงื่อนไขและเป้าหมายคือ มี 5 ฐานพลังงานสำหรับการจุดไม้ขีดโดยเริ่มจากกดสวิตซ์ให้สายพานซึ่งเป็นแหล่งพลังงานแรกทำงาน มอเตอร์จะหมุน สายพานจะติดสติกเกอร์สีขาว เมื่อสายพานที่ติดสติกเกอร์ผ่านเซ็นเซอร์ ปั้มน้ำซึ่งเป็นฐานที่ 2 จะทำงานสูบน้ำขึ้นไปเพื่อให้ระดับน้ำไปกดสวิตซ์ฐานที่ 3 เพื่อให้ล้อเลื่อนทำงานวิ่งผ่านเซ็นเซอร์ ซึ่งจะทำให้ฐานที่ 4 ทำงานปล่อยลูกบอลกดสวิตซ์ฐานที่ 5 ให้มอเตอร์หมุนเพื่อไปจุดไม้ขีด จากลำดับการทำงานผู้วิจัยพบว่านักศึกษาใช้การรู้ในการกระทำของตนเองในการสร้างโครงงานจนกระทั่ง เกิดปัญหาแรกขึ้นคือสายพานในตอนเริ่มต้น นักศึกษาใช้เชือกและมีการผูกไม้ติดกับเชือกเพื่อไปกดสวิตซ์ให้ปั้มทำงานซึ่งปรากฏว่าสายพานลื่นไม่สามารถทำงานได้ นักศึกษาหยุดและคิดถึงความรู้เดิมและประสบการณ์เดิมจนกระทั่งสามารถแก้ปัญหาได้ โดยนักศึกษาใช้สายพาน เลโกโลโกแทนเชือกซึ่งนักศึกษาเผชิญกับปัญหา คือใช้วิธีการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและ หาแนวความคิดใหม่ที่แตกต่างกันออกไป ส่วนปัญหาที่ 2 ปั้มน้ำที่ใช้ในการสูบน้ำ เมื่อถังน้ำอยู่ในระดับเดียวกันระดับน้ำจะถ่ายเทกันตลอดเพื่อรักษาระดับน้ำให้สมดุลกันตลอดเวลานักศึกษาต้องการให้น้ำมีระดับต่างกันเพื่อไปกดสวิตซ์ นักศึกษาหยุดและคิดจนกระทั่งแก้ปัญหาได้ โดยการวางถังน้ำสองถังในระดับที่แตกต่างกัน ผู้วิจัย

พบว่า นักศึกษาพยายามใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมในการทำความเข้าใจกับปัญหาหรือความรู้ใหม่จนกระทั่งสามารถเข้าใจได้ แต่ถ้าไม่เข้าใจก็จะทิ้งปัญหานั้นๆ ไป เป็นต้น

สรุป การสะท้อนความคิดเห็นจากการกระทำผู้วิจัยพบว่า เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่าง การกระทำ (action) กับการคิด (think) โดยนักศึกษาสร้างโครงงานจากการรู้ในการกระทำของตนเอง โดยใช้ทฤษฎีในการกระทำจนกระทั่งเกิดปัญหานักศึกษาจะหยุดและคิดโดยใช้กระบวนการในการเผชิญกับปัญหาที่คล้ายกันคือ การลองผิดลองถูก และหาแนวทางใหม่ที่แตกต่างกันออกไป นักศึกษาไตร่ตรองปัญหาและใช้ทฤษฎีที่ตนเองคิดว่าจะสามารถแก้ได้ในการจัดการกับสิ่งผิดปกตินั้นๆ จนกระทั่งแก้ปัญหาหรือเข้าใจสิ่งนั้นได้นักศึกษาจะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การเรียนการสอนที่มีการถ่ายถอดความรู้สู่ผู้เรียนเป็นวิธีที่ใช้กันมานานและเป็นวิธีการดังเดิมที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง แต่ในงานวิจัยนี้เสนอแนวทางการเรียนรู้อีกรูปแบบหนึ่งที่ตรงกันข้ามกับการเรียนรู้แบบเดิมคือผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจากปัญหาพบว่านักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีขาดทักษะได้แก่ ทักษะการคิดการแก้ปัญหา และการเรียนรู้ร่วมกันในสถานการปัจจุบัน ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่เพิ่มเติมทักษะข้างต้นจำต้องปรับเปลี่ยนวิธีการสอนในรูปแบบใหม่สำหรับการเรียนรู้ ซึ่งงานวิจัยนี้เสนอการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นทางเลือกหนึ่งที่ให้นักศึกษาได้ฝึกฝนทักษะดังกล่าว โดยใช้ ทฤษฎีการเรียนรู้ คอนสตรักชันนิซึม การเรียนรู้โดยโครงงาน เทคโนโลยีการเรียนรู้ และทฤษฎี การเรียนรู้จากประสบการณ์ ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบใหม่ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการธรรมชาติ (natural process) ที่ผู้เรียนสร้างกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้เตรียมวัสดุหรือวัตถุช่วยคิดให้กับผู้เรียน และแนะแนวทาง (guide) ให้กับผู้เรียน ครูไม่ได้สอนโดยตรง ในบทนี้จะนำเสนอผลสรุปและการอภิปรายในประเด็นที่เป็นการแสดงให้เห็นการเชื่อมโยงและกระบวนการต่างๆ ในการพัฒนาขั้นตอนกิจกรรมและผลของการเรียนรู้จากการจัดกิจกรรม ซึ่งในตอนสุดท้ายจะเสนอแนะเกี่ยวกับข้อเสนอแนะทั่วไปและข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอสรุปผลการวิจัยใน 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และระยะที่ 2 ผลการศึกษาผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ระยะที่ 1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นการวิจัยโดยสรุปในแต่ละประเด็นดังนี้

ผลการสังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้จากทฤษฎี ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สังเคราะห์จากทฤษฎีในบทที่ 2 ก่อนที่จะมีการปรับเปลี่ยนกิจกรรมประกอบด้วยขั้นตอนการสร้างโครงงาน 5 ขั้นคือ 1) แนะนำรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก และสอบวัดความรู้เดิม 2) นักศึกษาคิดหัวข้อที่จะสร้างโครงงานโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม 3) นักศึกษาสร้างชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 4) นักศึกษาแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันและประเมินโครงงาน 5) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการสร้างโครงงาน

ผลการปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 1 ผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนถูกปรับไปตามสถานการณ์จริงที่นักศึกษาทำโครงงานได้เป็นผลสำเร็จ ซึ่งขั้นตอนกิจกรรมมีการปรับใหม่ประกอบด้วยขั้นตอนการสร้างโครงงาน 6 ขั้นคือ 1) แนะนำรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกและสอบวัดความรู้เดิม 2) นักศึกษาเล่น (play) กับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 3) นักศึกษาสะท้อนความคิด (reflect) จากการเล่น 4) นักศึกษาจินตนาการ (imagine) ถึงโครงงานที่จะทำและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น 5) นักศึกษาสร้างสรรค์(create) ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 6) นักศึกษาเล่น (play) กับชิ้นงาน

ผลการปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ขั้นตอนกิจกรรมยังคงเหมือนเดิม แต่ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่านักศึกษามีการใช้วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ซ้ำๆ เดิมและมีการคิดโครงงานได้ล่าช้า ผู้วิจัยจึงนำใบกิจกรรมกลับมาใช้ในการสร้างโครงงานของนักศึกษาอีกครั้ง โดยมีขั้นตอนการสร้างโครงงานคือ 1) ให้ใบกิจกรรมกับนักศึกษา 2) นักศึกษาเล่น (play) กับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม 3) นักศึกษาสะท้อนความคิด (reflect) จากการเล่น 4) นักศึกษาจินตนาการ(imagine) ถึงโครงงานที่จะทำและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น 4) นักศึกษาสร้างสรรค์ (create) ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 5) นักศึกษาเล่น (play) กับชิ้นงาน

ผลการพัฒนาและออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ผลการวิจัยพบว่า ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกที่ออกแบบและสร้างขึ้นใช้ในการสร้างโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานประกอบด้วย บล็อกทั้งหมด 5 ชนิด 1) บล็อกพฤติกรรมจำนวน 1 บล็อกเป็นบล็อกที่สามารถโปรแกรมวงจรดิจิตอลได้ และถือว่าเป็นบล็อกที่มีความสำคัญมากที่สุด 2) บล็อกอินพุตจำนวน

2 บล็อกและ ลิมิตสวิตซ์ จำนวน 4 ตัว อินฟาเรดสวิตซ์ 4 ตัว 3) บล็อกเอาต์พุตจำนวน 3 บล็อก และ มอเตอร์ จำนวน 2 ตัว 4) บล็อกสัญญาณนาฬิกาจำนวน 1 บล็อก 5) บล็อกบัปเฟอร์จำนวน 1 บล็อก

ระยะที่ 2 ผลการศึกษาผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผู้วิจัยได้สรุปประเด็นการวิจัยโดยสรุปในแต่ละประเด็นดังนี้

ผลการเรียนโดยโครงงานด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความรู้มโนทัศน์ทางด้านเนื้อหาโดยการทดสอบด้วยข้อสอบวัดมโนทัศน์ทางด้านเนื้อหา หลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ พบว่านักศึกษามีคะแนนเฉลี่ยด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าคะแนนก่อนการกระทำกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 9.97 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 16.61 และนักศึกษามีเส้นทางด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้ 1) นักศึกษามีความคิด รับรู้และตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือวัตถุ 2) นักศึกษามองเห็นความเชื่อมโยงของเหตุการณ์หรือวัตถุกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 3) นักศึกษามีความเข้าใจความสัมพันธ์ภายในวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ สามารถลงมือสร้างสิ่งเหล่านั้นได้

ผลการเรียนรู้โดยโครงงานด้านการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า จากการที่ผู้วิจัยทดลองใช้วิธีการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน กับกลุ่มประชากรด้านการแก้ปัญหาโครงงาน พบว่านักศึกษาเมื่อทดสอบการแก้ปัญหาหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้ โดยข้อสอบวัดการแก้ปัญหาและประเมินโดยScoring Rubrics พบว่า การแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ของนักศึกษาทั้งหมดโดยเฉลี่ย 2.8 นักศึกษามีการแก้ปัญหาอยู่ในระดับคุณภาพ 3 คือ ขั้นชำนาญ แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านมีรายละเอียดดังนี้ 1) มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นค่าเฉลี่ย 3.6 นักศึกษาสามารถบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้มากกว่า 2 ปัญหา 2) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาค่าเฉลี่ย 3.2 นักศึกษาอธิบายรายละเอียดของปัญหาได้ 3 – 4 สาเหตุ 3) เสนอแนวทางแก้ปัญหาตามข้อมูลและสภาพปัญหาค่าเฉลี่ย 2.4 นักศึกษาเสนอแนวทางแก้ปัญหาได้ 1 – 2 แนวทาง 4) เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดค่าเฉลี่ย 2.1 นักศึกษาเลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติได้แต่ไม่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ผลการเรียนรู้โดยโครงงานด้านการเรียนรู้ร่วมกัน ผลการวิจัยพบว่าจากการที่ผู้วิจัยทดลองใช้วิธีการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน กับกลุ่มประชากร ด้านการเรียนรู้ร่วมกัน พบสิ่งที่สำคัญใน 5 ประเด็นดังนี้

1. บริบทของการเรียนรู้ร่วมกัน นักศึกษาให้ความสำคัญกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการรับฟังทัศนะจากเพื่อนร่วมกลุ่มเพราะมีคะแนนเฉลี่ย 3.7 และ 3.6 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ผลการประเมินค่อนข้างต่ำได้แก่ การค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูล และการสืบเสาะหาความรู้ เพราะมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 และ 3.0 ตามลำดับ

2. บริบทความสามารถในการปฏิบัติงาน นักศึกษาให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้งานและการแก้ปัญหาเพราะมีคะแนนเฉลี่ย 3.7 และ 3.6 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ผลการประเมินค่อนข้างต่ำได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบและการเชื่อมต่อแต่ละบล็อกให้ทำงานเพราะมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 และ 2.8 ตามลำดับ

3. การประเมินชิ้นงาน มีการประเมินโดยผู้วิจัย และ การประเมินโดยนักศึกษาประเมินตนเอง ผลการประเมินเกณฑ์ Scoring Rubrics นักศึกษามีระดับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ การคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ของการเรียนรู้และความแปลกใหม่ของชิ้นงาน ได้ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.6 และ 3.4 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ การออกแบบมีความสอดคล้องกับเป้าหมาย ได้ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.7

4. การแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน นักศึกษามีการแลกเปลี่ยนงานกันทำภายในกลุ่มเพราะว่าจะได้รับรู้และเข้าใจแนวคิดของเพื่อนสมาชิกภายในกลุ่ม เพราะบางครั้งเพื่อนไม่สามารถที่จะอธิบายให้เข้าใจได้ต้องให้ทำให้ดู นอกจากนั้นยังมีการแลกเปลี่ยนงานนอกกลุ่ม เพราะว่าการแลกเปลี่ยนงานนอกกลุ่มจะทำให้นักศึกษามีความรู้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น นักศึกษาใช้วงจรการเรียนรู้ของประสบการณ์ภายในและประสบการณ์ภายนอกในการแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน

5. การร่วมกันผลิตชิ้นงานและการปฏิบัติงานร่วมกัน นักศึกษามีทางเลือกในการสร้างโครงงานที่หลากหลายในแต่ละกลุ่ม ซึ่งมีความชอบและสร้างโครงงานที่แตกต่างกัน นักศึกษามีหลากหลายรูปแบบในการคิดและการทำงาน เป็นนักวางแผนและนักคิดไปทำไป และมีความเป็นกันเองระหว่างอาจารย์ นักศึกษามีบรรยากาศของความเป็นมิตรและอบอุ่นมากขึ้น

การสะท้อนความคิดเห็นจากการกระทำจากโครงงาน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีกระบวนการสะท้อนความคิดเห็นจากการทำโครงงานคือ นักศึกษารับรู้ในการกระทำของตนเอง (knowing-in-action) ถึงความรู้ที่ใช้ในการทำโครงงาน ซึ่งทำตามทฤษฎีในทางปฏิบัติ (theory-in-action) จนกระทั่งถูกกระตุ้นด้วยปัญหาซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสะท้อนความคิด (reflect) นักศึกษาจะใช้วิธีการของตนเองในการเผชิญกับปัญหาซึ่งเรียกว่าทฤษฎีการตอบสนอง (theory-response) ซึ่งแต่ละคนมีในการแก้ปัญหาจนกระทั้งประสบผลสำเร็จ นักศึกษาจะได้ความรู้ใหม่ในการกระทำ (knowledge-in-action) กระบวนการจะเกิดทุกครั้งที่นักศึกษามีปัญหาหรือประหลาดใจในโครงงานที่ทำสิ่งเหล่านี้จะไปกระตุ้นให้เกิดการสะท้อนความคิด ซึ่งกระบวนการทั้งหมดเราเรียกว่าการสะท้อนความคิดเห็นจากการกระทำโครงงาน

ข้อวิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอกระบวนการวิจัยจนถึงการสรุปผลการวิจัย มีประเด็นที่เป็นข้อสังเกต ควรแก่การอภิปรายใน 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และระยะที่ 2 ผลการศึกษาผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ระยะที่ 1 ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

วิวัฒนาการของแนวคิดมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง 12 สัปดาห์ จนกระทั่งนักศึกษาประสบผลสำเร็จในการสร้างโครงงานโดยมีประเด็นที่ควรวิจารณ์ดังนี้

การปะทะกันระหว่าง คอนสตรักชันนิซึม และ อินสตรักชันนิซึม

ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม มีความเชื่อว่า ความรู้ไม่ง่ายที่จะถ่ายทอดจากครูไปยังผู้เรียน ความรู้ไม่ใช่สินค้าที่จะซื้อขายกันได้ ผู้เรียนต้องสร้างความรู้เองจากการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ที่มีความหมายเฉพาะตัวเขาเองโดยมีการแลกเปลี่ยน (share) ความรู้นี้กับคนอื่นๆ (Ackermann, 2004) การเรียนการสอนด้วยแนวคิดนี้ผู้สอนต้องมีความเชื่อต่อแนวคิดข้างต้นก่อนจึงจะสามารถที่จะจัดการเรียนการสอนได้ประสบผลสำเร็จ จากการวิจัยผู้วิจัยพบว่านักศึกษามีการเรียนการสอนในลักษณะแบบอินสตรักชันนิซึม (instructionism) ซึ่งสอบถามจากนักศึกษา ซึ่งการเรียนการสอน

ในลักษณะนี้ผู้สอนจะพยายามหาวิธีการใหม่ๆ ในการสอนนักเรียน ซึ่งเป็นการพัฒนาวิธีการมาจากการสอนแบบดังเดิมที่ผู้เรียนจะรับความรู้จากครูผู้สอน ครูจะต้องเตรียมความรู้มาให้กับผู้เรียน (Ausubel, 1968) อินสตรักชันนิซึมเป็นการพัฒนาทางด้านผู้สอนซึ่งตรงข้ามกับคอนสตรักชันนิซึมที่เป็นการพัฒนาด้านตัวผู้เรียน ทั้งสองวิธีมีความสำคัญ แต่ Papert เห็นว่า การศึกษาวิธี คอนสตรักชันนิซึมน่าจะดีกว่า (Resnick, 1992) เมื่อผู้วิจัยได้นำแนวคิดทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม มาใช้จึงทำให้เกิดความสับสนต่อผู้เรียนเหตุผลคือ ผู้เรียนไม่เคยเรียนในลักษณะนี้มาก่อน ประกอบกับถูกจำกัดด้วยระบบการจัดการศึกษาที่ครูมักจะถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียน นักเรียนนั่งฟังและรับความรู้ไปเหมือนวิธีการดังเดิม ผู้วิจัยได้ทดลองใช้รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ปรากฏว่านักศึกษาไม่คุ้นเคยและสับสน นักศึกษามีความอึดอัดกับรูปแบบที่ใช้ โดยเฉพาะเมื่อผู้วิจัยให้นักศึกษาสร้างโครงงาน โดยมีเงื่อนไขให้นักศึกษาสร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกและใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยเตรียมให้ แต่นักศึกษาไม่สามารถที่จะสร้างโครงงานได้ปฏิเสธการเรียนรู้รูปแบบนี้ จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นผู้วิจัยคิดว่าเป็นการปะทะกันระหว่างแนวคิด คอนสตรักชันนิซึม และ อินสตรักชันนิซึม ซึ่งผู้เรียนเคยชินกับการเรียนรู้แบบรับเอามาเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง ผู้เรียนไม่สามารถที่จะสร้างโครงงานได้ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมาจากผู้เรียนไม่ได้รับโอกาสจากครูผู้สอนให้มีการคิดและสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยยึดแนวคิดของ Papert (1993) ที่กล่าวถึง การเรียนรู้ที่ดีที่สุดไม่ได้มาจากการค้นหาวิธีการสอนที่ดีที่สุดสำหรับครู แต่เป็นการให้โอกาสผู้เรียนในการสร้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามที่จะกระตุ้นและแนะแนวทางให้กับนักศึกษาโดยมีการปรับขั้นตอนการสร้างโครงงานเป็นระยะตามสถานการณ์จริง จึงทำให้เกิดการปรับรูปแบบขั้นตอนการสร้างโครงงาน 2 ระยะ แต่สุดท้ายก็ประสบผลสำเร็จ

การนำสิ่งที่ปรากฏมาออกแบบ (emergent design)

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบทฤษฎี คอนสตรักชันนิซึม ผู้วิจัยพบกับบรรยากาศของความตรึงเครียดของนักศึกษา เมื่อผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาสร้างโครงโดยกำหนดโครงงานจะต้องใช้วงจรดิจิตอลจากใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยเตรียมให้ นักศึกษาใช้เวลา 3 สัปดาห์ในการคิดและสร้างโครงงาน แต่ไม่ประสบผลสำเร็จ นักศึกษาพยายามคิดโครงงานแต่ไม่สามารถที่จะนำวงจรดิจิตอลจากใบกิจกรรมไปใช้ได้ บรรยากาศเริ่มเครียดมากขึ้นเมื่อผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาของการสิ้นสุดการสร้างโครงงาน เวลาผ่านไป 3 สัปดาห์นักศึกษาไม่สามารถที่จะสร้างโครงงานได้ มีกลุ่มเดียวที่สามารถคิดหัวข้อโครงงานได้ แต่เมื่อลงมือสร้างโครงงานไม่ประสบผลสำเร็จ สาเหตุ

เพราะโครงงานมีความยากเกินความรู้และความสามารถของนักศึกษา จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 4 มีนักศึกษากลุ่มหนึ่งกำลังเล่นอย่างสนุกอยู่กับหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นจากการใช้วงจรเกตพื้นฐานที่สร้างขึ้นโดยใช้ความรู้ในการสร้างจากการทำกิจกรรมสัปดาห์แรก ซึ่งผู้วิจัยแนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในตอนเริ่มต้นการวิจัย นักศึกษาสร้างหุ่นยนต์ให้เดินหน้าไปเรื่อยๆ เมื่อพบเส้นสีดำหุ่นยนต์จะถอยหลังกลับทำให้หุ่นยนต์กระตุกกลับไปกลับมาระหว่างเส้นสีดำกับพื้นสีขาว เมื่อผู้วิจัยพบในขณะที่ผู้วิจัยสังเกตการณ์ จึงสอบถามถึงการสร้างหุ่นยนต์ตัวนี้ นักศึกษาอธิบายว่าเนื่องจากความเครียดที่เกิดขึ้นกับการสร้างโครงงานจึงทำอะไรเล่นกันสนุกสนานเพื่อคลายความเครียดทำให้ผู้วิจัยรับรู้ถึงการสร้างโครงงานที่จะเกิดขึ้นได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำสิ่งที่ปรากฏมาออกแบบขึ้นตามแนวคิดของ Cavallo (2000) โดยให้นักศึกษาสร้างโครงงานอะไรก็ได้ โดยมีเงื่อนไขเพียงเพื่อให้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกมีชีวิตขึ้นมาไม่ต้องสร้างโครงงานจากใบกิจกรรมและแจ้งนักศึกษาทุกกลุ่มไม่ต้องสนใจใบกิจกรรม หรือโครงงานจะมีวงจรตามใบกิจกรรมหรือไม่ จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทำให้ผู้วิจัยต้องทำการปรับรูปแบบและขั้นตอนกิจกรรมใหม่ ซึ่งเหตุการณ์นี้คล้ายกับงานวิจัยของ Cavallo ที่ทำการวิจัยในโครงการ ประภาคารปัญญา ของมูลนิธิไทยคม ที่ต้องมีการปรับแผนการวิจัยใหม่จากที่เคยวางแผนที่ สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซส (MIT) โดยใช้หลักการของการออกแบบบนสิ่งที่ปรากฏแทนจากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นผู้วิจัยคิดว่า การที่ให้นักศึกษาทำตามที่ครูบอกและครูมีการกำหนดทุกอย่างให้กับนักศึกษานั้นเป็นสิ่งที่ไม่เสียหายและยังคงมีการใช้กันมานาน แต่ถ้าจะให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์จะต้องให้อิสระกับผู้เรียนในการคิดและกระทำ เพราะถ้าครูมีการกำหนดให้ผู้เรียนทำโน่นทำนี่จะไปจำกัดความคิดสร้างสรรค์และความอิสระในการคิดของผู้เรียน ทำให้นักศึกษามีความเครียดและไม่สามารถสร้างโครงงานได้สำหรับงานวิจัยนี้ วิธีการคือจะต้องเปิดพื้นที่ในการสร้างให้กับนักศึกษาให้มาก

ช่องว่างสำหรับการออกแบบ (design space)

การให้นักศึกษาสร้างโครงงานโดยให้คิดโดยอิสระนี้จะทำให้นักศึกษาสร้างโครงงานง่ายๆ ตามที่นักศึกษาเข้าใจและคุ้นเคยก่อนที่จะสร้างโครงงานได้ซับซ้อน ซึ่งการให้อิสระนี้ Martin (1994) เรียกว่า Design Space เป็นการเปิดช่องว่างสำหรับการออกแบบที่ผู้สอนจะต้องเปิดพื้นที่นี้ให้กับนักศึกษาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งแนวคิดนี้ Papert (1993); Resnick (1992); Martin (1994) ได้อธิบายถึงการสร้างรูปแบบการเรียนรู้นี้ว่า ครูควรจะให้นักเรียนสร้างรูปแบบการเรียนรู้

ของตนเองเป็นความคิดของผู้เรียนไม่ใช่ความคิดหรือรูปแบบของครูผู้สอน ครูจะต้องสนับสนุนให้นักเรียนได้สร้าง สำรวจและสร้างทฤษฎีของตนเอง ซึ่งกระบวนการนี้ Martin เรียกว่า การคิดแบบ Bottom-up เป็นการคิดแบบข้างล่างขึ้นข้างบน ซึ่งตรงข้ามกับการคิดแบบวิทยาศาสตร์ที่คิดแบบ Top-Down คือคิดแบบบนลงล่าง การเปิดพื้นที่ให้กับนักศึกษานี้ จะเป็นการเปิดประตูที่เป็นการสร้างสถานการณ์ที่เป็นธรรมชาติให้กับนักศึกษาในการเผชิญกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นและเรียนรู้ที่จะจัดการและเข้าใจรูปแบบสถานการณ์นั้นๆ ซึ่งลำดับของการจัดการกับสถาณการณ์นั้น Papert (1980) เรียกว่า Hierarchical Organization เป็นแนวคิดในการจัดการและวางแผนเฉพาะตนเองผ่านการสร้างโครงงาน ซึ่งกระบวนการนี้จะติดตัวนักศึกษาไปในการเผชิญกับสถานการณ์จริงๆ ซึ่ง Papert อธิบายว่า ผู้เรียนจะนำรูปแบบที่เคยใช้และประสบผลสำเร็จกลับมาใช้อีกครั้ง ดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าในการที่จะให้นักศึกษาได้เรียนรู้ตามแนวคิดคอนสตรักชันนิซึม จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนจะต้องเปิดพื้นที่ในการออกแบบให้ผู้เรียนให้มากที่สุด ถ้ามีการจำกัดด้วยกฎเกณฑ์มากจะไม่สามารถที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ได้ เพราะถูกจำกัดด้วนกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่ครูเป็นผู้ตั้งขึ้นมา ซึ่ง Papert ได้แสดงทัศนะกับเรื่องนี้ว่า การจำกัดสิ่งต่างๆ จากครูจะไปจำกัดความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนจะสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ก็จะกลัวผิดพลาดจากการที่ครูได้วางกฎเกณฑ์ไว้ ถ้าผิดหมายถึงผู้เรียนจะได้คะแนนเป็นศูนย์หรือถูกลงโทษ ซึ่งแนวคิดนี้จะถูกฝังอยู่ภายใต้จิตสำนึกของผู้เรียนตลอดเวลา ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยพบว่านักศึกษาคิดโครงงานไม่ได้เพราะผู้วิจัยมีการวางกฎเกณฑ์มากเกินไปทำให้เกิดปัญหาขึ้น

การพัฒนาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

การพัฒนาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเป้าหมายเบื้องต้นของผู้วิจัยเพื่อช่วยให้นักศึกษาสำรวจ เข้าใจความคิดที่มีพลังและมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ และการคิดในการสร้างสรรค์การแก้ปัญหา ซึ่งจากผลงานวิจัยของ Resnick (1992); Martin (1994) และแนวคิดของ Papert (1993) พบว่าความพยายามที่จะสอนความคิดที่มีพลังให้กับเด็กๆ โดยตรงไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นกลยุทธ์ที่ใช้คือ การเตรียมโอกาสให้กับเด็กๆ ในการเผชิญและใช้ความคิดที่มีพลังให้เป็นกระบวนการธรรมชาติ ในประสบการณ์ออกแบบและสร้างสิ่งต่างๆ ผู้วิจัยนำแนวคิดนี้มาใช้ในการออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ซึ่งการออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไม่เพียงแต่ให้นักศึกษาเรียนรู้จากการออกแบบเท่านั้น แต่เป้าหมายคือการสร้างสิ่งต่างๆและให้นักศึกษาสำรวจแนวคิดภายใต้การสร้างของสิ่งเหล่านั้นการเชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ ในการใช้งานจริงเข้าใจสิ่งต่างๆมีการทำงานอย่างไร (Resnick, 2005) โดยเฉพาะมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ เช่น แนวคิดเกี่ยวกับ

ระบบควบคุมทางด้านวิศวกรรม แนวคิดเกี่ยวกับวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ กระบวนการแก้ปัญหา การออกแบบสิ่งใหม่ๆ ในวิถีทางใหม่ เป็นต้น ผู้วิจัยได้ออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเพื่อให้นำไปใช้ในการสร้างโครงงานที่แตกต่างกัน โดยนักศึกษามีการใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกที่เหมือนกัน

ดังนั้นผู้วิจัยได้พัฒนาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกใน 8 ประเด็นที่สำคัญคือ 1) การออกแบบสำหรับผู้ออกแบบ (designer)ไม่ใช่ผู้ใช้ (user) เป็นการสร้างขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษานำไปใช้ในการออกแบบโครงงานต่างๆ ซึ่งจะเห็นว่านักศึกษาได้ออกแบบโครงงานมากมายที่มีความหลากหลายและแตกต่างกัน 2) เน้นการสำรวจในโครงงานที่นักศึกษาสร้างขึ้นแตกต่างกันกว้างๆ ผู้วิจัยต้องการให้นักศึกษาสร้างโครงงานเพื่อให้ได้ ผลลัพธ์ (outcome) ที่แตกต่างและหลากหลาย ในฐานะที่เป็นตัวชี้วัดในความสำเร็จของนักศึกษา โดยต้องการให้นักศึกษาได้ค้นหาวิธีการใหม่ๆ ที่จะใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเหล่านั้นด้วยตัวของนักศึกษาเอง 3) ต้องการให้นักศึกษาสร้างความคิดที่มีพลังและใช้ความคิดที่มีพลังด้วยตนเองเพราะการสอนปกติจะเกิดยาก (Resnick, 1994) 4) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกสนับสนุนให้นักศึกษาเกิดแนวคิดและการทำงานในหลายๆ ทางและหลายๆ สไตล์ ซึ่งจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นสไตล์การทำงานของนักศึกษาที่แตกต่างกันมีทั้งนักวางแผน นักคิดไปทำไป เป็นต้น 5) ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกง่ายที่จะใช้ ผู้วิจัยได้สร้างเป็นบล็อกๆ ซึ่งแต่ละบล็อกมีหน้าที่เฉพาะแต่ละบล็อกสามารถนำไปต่อใช้งานได้ทันที 6) ผู้วิจัยเลือกซ่อนความซับซ้อนที่มีความยุ่งยากไว้ภายดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก เช่น วงจรรับสัญญาณอินพุทจากเซ็นเซอร์แสง หรือสวิตซ์จะถูกซ่อนไว้ในบล็อกอินพุทนักศึกษาทราบเพียงหน้าที่ใช้งานเท่านั้น 7) ผู้วิจัยออกแบบบล็อกด้วยความสนุกที่จะใช้บล็อกด้วยตัวของผู้วิจัยเองในการสร้างสิ่งต่างๆ จากผลการวิจัยนักศึกษาสนุกที่จะใช้มันในการสร้างสิ่งต่างๆ เช่นเดียวกัน 8) ผู้วิจัยออกแบบดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในรูปแบบที่ไม่ได้ทดสอบความเป็นมาตรฐานเพราะว่าผู้วิจัยต้องการให้เป็นวัตถุช่วยคิดสำหรับผู้สร้างไม่ใช่สำหรับผู้ใช้ตามแนวคิดของ Resnick ที่ออกแบบ Construction Kit จากแนวทางการออกแบบ 8 ประเด็นสำคัญ ผลการวิจัยพบว่า ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกมีความสมบูรณ์และทำให้นักศึกษาได้สร้างโครงงานที่หลากหลาย ใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการทำความเข้าใจวงจรดิจิตอล สร้างความคิดที่มีพลัง สร้างวิธีการเข้าใจด้วยตนเอง พยายามมองหาวิธีการใหม่ๆ ในการสร้างโครงงานผู้วิจัยมีความเห็นว่าการพัฒนาวัตถุช่วยคิดให้กับผู้เรียนได้ใช้ในการสร้างสติปัญญาเป็นสิ่งที่สำคัญในการที่จะให้ผู้เรียนเกิดพลังของความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ อย่างเป็นรูปธรรม

ระยะที่ 2 ผลการศึกษาผลการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ผลการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

จากการที่นักศึกษารับรู้และตอบสนองต่อการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ทำให้นักศึกษาสร้างความรู้จากการได้มีโอกาสเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก และมีการสะท้อนความคิดจากการเล่นกับสิ่งนั้น ซึ่งการรับรู้และการตอบสนองนี้ จะถูกนำไปเชื่อมกับเหตุการณ์หรือวัตถุรอบๆ ตัวของนักศึกษา ซึ่งในการสร้างโครงงานพบว่านักศึกษานำความรู้จากการเล่นกับหุ่นยนต์ที่สร้างจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไปเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์จากอินเทอร์เนต ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดแนวคิดในการสร้างโครงงานหุ่นยนต์รักษาความสมดุล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Novak and Gowin (1984) ที่อธิบายถึงความรู้เป็นเป็นสิ่งที่สร้างขึ้น การสร้างความรู้ใหม่เริ่มต้นจากการสังเกตตัวเรา สำหรับเหตุการณ์หรือวัตถุ ผ่านมโนทัศน์ที่พวกเรามีอยู่แล้ว นักศึกษามีความรู้เกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่สร้างจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ซึ่งเป็นความรู้เดิมและมีการตอบสนองต่อหุ่นยนต์จากอินเทอร์เนต ที่เป็นเหตุการณ์ใหม่ทำให้เกิดแนวคิดใหม่ในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ โดยประสบการณ์เดิมจะถูกนำไปประยุกต์กับสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Vinacke(1952); Gagne and Brigg (1974 อ้างใน สุมิตรา ด่านพานิชย์, 2550) ที่อธิบายเกี่ยวกับระบบการตอบสนองที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะประมวลและแปลความหมายของข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสัมผัสประสบการณ์ในอดีตจะถูกนำไปประยุกต์กับสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งในที่นี้คือแนวคิดของการคิดหัวข้อโครงงานของนักศึกษา ผู้วิจัยมีความเห็นว่าในการที่จะให้นักศึกษาสามารถที่จะคิดโครงงานได้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ผู้เรียนได้เล่นกับหุ่นยนต์เพื่อให้เกิดความรู้และประสบการณ์ ซึ่งเมื่อนักศึกษาได้สัมผัสหรือรับรู้สิ่งรอบๆ ตัวกับเป้าหมายที่ต้องการสร้างโครงงาน จะสามารถทำให้นักศึกษามีความคิดจินตนาการในการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ได้

นักศึกษามีความสามารถในการเชื่อมโยงเหตุการณ์หรือวัตถุกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก เพราะว่าผู้วิจัยจัดสภาพแวดล้อมและดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกให้กับนักศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Martin (1994) ที่ได้อธิบายว่า ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม เน้นการจัดสภาพแวดล้อมและจัดเครื่องมือให้กับเด็กได้สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ในการเรียนรู้ของนักศึกษามีสิ่งที่จะต้องสร้าง และมีสิ่งที่จะเชื่อมโยง โดยนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไปใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์รักษาความสมดุลหรือควบคุมวงจรการเปิด ปิดไฟหน้ารถ จึงทำให้นักศึกษาสามารถที่จะเชื่อมโยงสิ่งเหล่านี้ได้โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม จากการที่ได้เล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

ผลการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

นักศึกษามีการรับรู้ปัญหาจากการได้พบปัญหาจริงจากการสร้างโครงงานซึ่งปัญหาที่พบนักศึกษาจะมีวิธีการค้นหาสาเหตุที่เหมือนกันคือ การลองผิดลองถูก เหตุที่นักศึกษาใช้วิธีนี้อาจเป็นเพราะว่า การลองผิดลองถูกเป็นวิธีการที่เราทุกคนได้มีโอกาสใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการต่างๆ จนกระทั่งแก้ปัญหาได้ เมื่อนักศึกษานำแนวคิดนี้มาใช้ในการค้นหาสาเหตุของปัญหา จะใช้วิธีการต่าง ๆ ในการค้นหา โดยสุ่มจุดที่เป็นปัญหาและลองผิดลองถูกในจุดที่คิดว่าจะเกิดปัญหาไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบจุดที่เกิดปัญหา และในการสุ่มนักศึกษาจะใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมในการวิเคราะห์สาเหตุ ถ้านักศึกษามีความรู้และประสบการณ์มากจะพบสาเหตุของปัญหาได้เร็ว

ส่วนการแก้ปัญหาพบว่านักศึกษาใช้วิธีการวางแผนอย่างเป็นระบบในการแก้ปัญหาและการลองผิดลองถูกในการแก้ปัญหา เหตุที่แต่ละกลุ่มใช้วิธีการที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มอาจเป็นเพราะความแตกต่างของแต่ละบุคคล และโครงสร้างของความรู้ที่ซับซ้อนแตกต่างกัน (Ausbel, 1968)

ผลการเรียนรู้ด้านการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

จากผลการวิจัยในตารางที่4.4 จะเห็นว่าระดับคะแนนค่อนข้างสูงในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนๆ ร่วมกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึม ซึ่ง Papert ได้อธิบายว่าในการสร้างความรู้และชิ้นงานที่มีความหมายต่อตัวเองแล้วจะต้องมีการแลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ ด้วย จะทำให้เกิดเป็นวงจรการเรียนรู้ที่ผู้เรียนนำความรู้ที่อยู่ภายในออกมาแลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ ภายนอกและปรับความเข้าใจใหม่กับสิ่งที่อยู่ภายนอก ส่วนสิ่งที่อยู่ภายนอกจะทำให้เกิดการปรับความเข้าใจใหม่ภายใน เป็นกระบวนการอย่างนี้ไปไม่มีที่สิ้นสุด (Shaw, 1995) ดังนั้นระดับคะแนนในหัวข้อนี้จึงสูง ส่วนระดับคะแนนที่มีระดับคะแนนต่ำได้แก่ การค้นคว้า การรวบรวมข้อมูล และการสืบเสาะหาความรู้มีระดับคะแนนค่อนข้างน้อยสาเหตุเกิดจากการที่นักศึกษาเคยชินกับการเรียนรู้แบบบรรยายและรอรับความรู้จากอาจารย์ผู้สอนอย่างเดียวจึงทำให้นักศึกษาขาดทักษะในการค้นคว้าหาความรู้และการสืบเสาะด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ (2547) ที่ได้พบว่า นักเรียนมีความคุ้นเคยกับระบบการสอนแบบครูเป็นผู้ป้อนความรู้ให้ เพราะนักเรียนเรียนแบบสบายไม่ต้องกระตือรือร้น ไม่ต้องมีภาระงานที่ต้องรับผิดชอบมากจึงทำให้นักเรียนขาดความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหา

ความรู้ด้วยตนเอง เพราะรอครูเป็นผู้ป้อนให้ จากผลงานการวิจัยนี้นักศึกษามีลักษณะคล้ายกันจึงทำให้ระดับคะแนนด้านนี้ต่ำที่สุด

จากผลการวิจัยในตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าระดับคะแนนทางด้านการประยุกต์ใช้งานและการแก้ปัญหามีระดับคะแนนสูงเพราะว่าการเรียนรู้ด้วยวิธีการตามทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมผู้เรียนมีความอิสระในการสร้างสรรค์ชิ้นงานต่างๆ ทำให้ผู้เรียนมีความเชี่ยวชาญในการประยุกต์การใช้เทคโนโลยี สอดคล้องกับแนวคิดของ Papert (1980) ที่ให้เด็กๆ ได้มีโอกาสในการประยุกต์ใช้ภาษา Logo ในการสร้างรูปทางด้านเรขาคณิตและทำการประยุกต์ใช้ในวิชาฟิสิกส์ ในเรื่องกฎการเคลื่อนที่ของเต่า ซึ่งการประยุกต์การใช้งานของ Papert มีความหมายถึงการประยุกต์โดยการสร้างสิ่งต่างขึ้นมา และสอดคล้องกับแนวคิดของ Resnick (2001) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในระดับผู้เชี่ยวชาญ (fluency) ว่าความสามารถในการประยุกต์เทคโนโลยีไม่เพียงแต่ การรู้ว่าจะใช้เทคโนโลยีอย่างไร แต่จะต้องรู้ว่าจะสร้างสิ่งต่างๆ โดยใช้เทคโนโลยีอย่างไรอย่างมีความหมาย และแนวคิดใกล้เคียงกับ Wyeth and Wyeth (2003) ได้อธิบายเกี่ยวกับการที่จะเข้าใจอย่างลึกซึ้งกับบางสิ่งบางอย่างเราจะต้องนำมันไปประยุกต์ใช้งานและสร้างสรรค์มัน จากงานวิจัยนี้ระดับคะแนนอยู่ในระดับที่สูงเนื่องจากนักศึกษาได้มีโอกาสในการประยุกต์และสร้างสรรค์มัน ส่วนการแก้ปัญหามีคะแนนในระดับสูงที่รองลงมา เกิดจากการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ จะทำให้นักศึกษาได้ประสบกับปัญหาต่างๆ มากมายซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Papert (1993) ที่อธิบายว่า การเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนส ตรักชันนิซึม เป็นการให้ผู้เรียนเล่นกับปัญหา (playing with problems) จะเป็นการยกระดับความสามารถนอกเหนือจากการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยเน้นที่จะทำให้ดีที่สุดได้อย่างไร อีกทั้งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Martin (1994) ที่ได้วิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ทางด้านวิศวกรรมโดยการสร้างหุ่นยนต์ LEGO/Logo ที่ได้ชี้ให้เห็นว่า ในการสร้างหุ่นยนต์และการแข่งขันหุ่นยนต์จะทำให้นักศึกษาได้พบกับปัญหาจำนวนมากที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาของการสร้างและการแข่งขัน นักศึกษาจะได้พบกับสถานการณ์ที่ Martin เรียกว่า Design Space ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ใช้ความสามารถและสร้างกระบวนการแก้ปัญหาของตนเอง สำหรับด้านที่มีระดับคะแนนที่ต่ำได้แก่ ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบระบบควบคุม สาเหตุมาจากนักศึกษาไม่มีความรู้ทางด้านวิศวกรรมระบบควบคุมเพราะเป็นศาสตร์ที่ต้องใช้ในการออกแบบในระดับสูงอีกทั้งในเนื้อหาจะใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ในการทำความเข้าใจ ซึ่งจากผลการวิจัยนักศึกษาจะไม่สามารถคิดถึงว่าเป็นระบบอะไร แต่เมื่อออกแบบเสร็จนักศึกษาสามารถบอกได้ว่าคือระบบอะไร บางครั้งเป็นการอยากที่นักศึกษาจะอธิบายถึงระบบการออกแบบนี้ สาเหตุอีกประการคือผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาสร้างชิ้นงานโดยกระบวนการที่เป็นอิสระจึงทำให้นักศึกษาไม่ให้ความสนใจกับ

การออกแบบที่ต้องยึดกฎเกณฑ์มากนัก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Martin ที่อธิบายว่า การออกแบบด้วยวิธี Botton-up นักศึกษาจะไม่คำนึงถึง ระบบของการออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน นักศึกษาสามารถเริ่มต้นการออกแบบได้ทุกขั้นตอนไม่จำเป็นจะต้องเริ่มต้นอย่างเป็นลำดับ ซึ่งเป็นไปได้ว่า นักศึกษาไม่ได้คำนึงถึง ระบบควบคุมตามหลักวิศวกรรม จึงทำให้คะแนนในด้านนี้ต่ำ ส่วนระดับคะแนนที่รองลงมา ได้แก่ด้าน การเชื่อมต่อแต่ละบล็อกให้ทำงาน สาเหตุมาจากการสับสนในการเชื่อมต่อระหว่างบล็อกเพราะว่านักศึกษาจะไม่สามารถจำขาสัญญาณแต่ละขาสัญญาณได้ ประกอบกับภายในบล็อกที่ยังคงซ้อนวงจรที่ยุ่งยากซับซ้อนไว้ทำให้นักศึกษาสับสนในการเชื่อมต่อ จึงทำให้ระดับคะแนนด้านนี้ต่ำ

จากผลการวิจัยในตารางที่ 4.6 และ 4.7 จะเห็นว่า ประเด็นที่นักศึกษามีคะแนนสูงสุดคือ การคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ต่อการเรียนรู้ เพราะว่านักศึกษาเมื่อได้มีอิสระและโอกาสในการสร้างชิ้นงานด้วยตนเองและทำอย่างต่อเนื่องจะทำให้นักศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และความคิดแปลกใหม่ไปได้เรื่อยๆ ยิ่งเมื่อนำมาแลกเปลี่ยนกันแล้วยิ่งทำให้นักศึกษาได้แนวคิดที่แปลกใหม่และสามารถคิดนอกรูปแบบที่มีอยู่ได้ วงจรการเรียนรู้ที่มีการเรียนรู้ระหว่างแนวคิดที่อยู่ภายในถูกนำออกมาแลกเปลี่ยนกับเพื่อนๆ ภายนอกตามแนวคิดของ Vygotsky (1978)และ Papert (1990) และมีความสอดคล้องกับแนวคิดของ Resnick (2006) ที่ได้อธิบายถึงการเรียนรู้ที่ให้เด็กได้สร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วัตถุช่วยคิดจะทำให้เด็กสามารถเกิดความคิดสร้างสรรค์และความคิดที่มีพลัง เพราะว่าวัตถุช่วยคิดไม่เพียงแต่กระตุ้นเด็กในการสร้างสิ่งต่างๆ แต่สนับสนุนและช่วยให้เขาเหล่านั้นสำรวจความคิดแปลกใหม่และการคิดที่นอกรูปแบบการเรียนรู้ภายใต้สิ่งที่สร้างขึ้น ส่วนประเด็นที่มีคะแนนต่ำสุดในด้านของความเหมาะสม ความแข็งแรงและความปลอดภัย เพราะว่าดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกถูกออกแบบมาสำหรับผู้สร้างไม่ใช่สำหรับผู้ใช้ดังนั้นจึงไม่มีความสมบูรณ์และมาตรฐานในการรองรับเพราะว่าผู้สร้างจะต้องสร้างบนสิ่งที่ไม่มีความสมบูรณ์ตามแนวคิดและแนวทางการออกแบบชุดคิตสำหรับการสร้างของ Resnick (2006) ดังนั้นการออกแบบชิ้นงานจึงมองว่าไม่มีความสมบูรณ์และความปลอดภัย

การสะท้อนความคิดจากการทำโครงงาน จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีการสะท้อนความคิดเมื่อพบกับปัญหา นักศึกษาจะหยุดและคิด และสะท้อนความคิดจากปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งนักศึกษาจะใช้กระบวนการของตนเองในการแก้ปัญหาจนกระทั่งสามารถแก้ปัญหาได้และนักศึกษาจะได้ความรู้ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Shon ที่อธิบายว่า ปัญหาหรือความประหลาดใจจะเป็นสิ่งกระตุ้นที่ให้มนุษย์มีการสะท้อนความคิด (reflect) และถ้าสามารถ

แก้ปัญหาได้ก็จะทำให้ได้ความรู้ใหม่ ซึ่งการสะท้อนความคิดนี้จะขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของของผู้แก้ปัญหาด้วย ซึ่งผลการวิจัยนักศึกษาจะมีการสะท้อนความคิดในขณะสร้างโครงงานเมื่อพบกับปัญหาหรือประหลาดใจที่เพื่อนกลุ่มอื่นๆ ทำการสร้างโครงงานได้ดีกว่า ทำให้นักศึกษาทราบถึงจุดบกพร่องของตนเองและมีการพัฒนาเพิ่มศักยภาพกับตนเองมากขึ้น การสะท้อนความคิดจากการทำโครงงานมีความสำคัญมากต่อแนวคิดของการเรียนรู้จากประสบการณ์ คอนสตรักชันวิซึมและคอนสตรักชันนิซึม

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษาผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า การนำกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบนี้ไปใช้ควรปฏิบัติดังนี้

1. ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิดและการสร้างสรรค์ ไม่ควรไปจำกัดผู้เรียนจะต้องได้ความรู้ ความคิด ตามที่ผู้สอนต้องการโดยเฉพาะในระยะเริ่มต้นจะต้องปล่อยผู้เรียนอย่างอิสระให้โอกาสในการออกแบบและคิดสร้างสรรค์ให้มากที่สุด ให้ผู้เรียนได้เล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกให้มากที่สุดเท่าที่มีเวลา เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าในตอนเริ่มต้นของการวิจัยโดยให้นักศึกษาคิดโครงงานจากใบกิจกรรม ซึ่งเป็นกรอบในการจำกัดความคิดของผู้เรียนทำให้ผู้เรียนไม่มีโอกาส ทางเลือกในการคิดและสร้างโดยอิสระ เป็นเหตุให้ผู้เรียนคิดโครงงานไม่ได้ถึง 3 สัปดาห์ แต่เมื่อเปิดโอกาสให้คิดโดยอิสระพบว่าผู้เรียนคิดและสร้างโครงงานเสร็จภายใน 2 สัปดาห์ (ดูรายละเอียดหัวข้อผลการปรับกิจกรรมครั้งที่ 1 หน้า 81)

2. ผู้สอนควรระมัดระวังในการสนับสนุนและแนะนำ ซึ่งผู้สอนบางครั้งอาจจะมีความคุ้นเคยกับการสอนที่เข้มงวดกับผู้เรียน ควรลดความเข้มงวดปล่อยนักศึกษาคิดและทำโดยอิสระซึ่งผู้เรียนอาจจะทำเสียงดังหรือเล่นกันบ้าง แต่สุดท้ายผลการวิจัยพบว่า การที่ให้คิดโดยอิสระและเล่นกันบ้าง ทำให้นักศึกษามีความอิสระในการคิดและสร้างสรรค์งานได้เต็มที่ผู้เรียนสามารถคิดและสร้างความรู้ด้วยตนเองได้

3. ผู้สอนควรสังเกตในกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถคิดหรือสร้างโครงงานได้ ผู้สอนควรพยายามสังเกตการเล่นของผู้เรียนกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก ผู้สอนอาจนำลักษณะการเล่นมาปรับเป็นโครงงานหรือในกรณีที่ผู้เรียนไม่สามารถคิดโครงงานได้สมบูรณ์ ผู้สอนอาจแนะนำ

เพิ่มเติมต่อยอดเพื่อให้ผู้เรียนคิดต่อไปได้อีก สำหรับเวลาในการจัดกิจกรรมควรจัดเวลาให้มากกว่าวิชาปกติและควรจัดการเรียนการสอนในภาคบ่ายและต่อเนื่องเพราะในการสร้างโครงงาน บางครั้งอาจจะต้องทำงานจนดึก

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. นักวิจัยและผู้สอนควรมีการวิจัยซ้ำกับกลุ่มที่ศึกษาใหม่ เพื่อยืนยันประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานจะเกิดผลลัพธ์เช่นเดียวกันหรือไม่

2. นักวิจัยและผู้สอนควรมีการวิจัยการนำแนวคิดของกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบนี้ไปใช้ร่วมกับการสอนที่มีลักษณะผู้สอนบรรยายในระยะแรกแล้วตามด้วยกิจกรรมรูปแบบนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาส คิด เล่นกับแนวคิดของตนเองและจินตนาการจนในที่สุดสามารถสร้างความรู้ของตนเองได้

3. ผู้สอนและนักเทคโนโลยีทางการศึกษา ควรมีการศึกษาถึงการสร้างวัตถุช่วยคิดรูปแบบอื่นๆ หรือพัฒนาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกให้สามารถใช้ในรายวิชาอื่นๆ เช่น วิชาไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ วิชาระบบควบคุม เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการ. 2539. **การประเมินจากสภาพจริง**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. 2545. **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์(ร.ส.พ.).

กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง และ พระราชบัญญัติการศึกษาภาคบังคับ พ.ศ.2545**. ม.ป.ท.

ชัยฤทธิ์ โพธิสุวรรณ. 2544. **การศึกษาผู้ใหญ่: ปรัชญาตะวันตกและการปฏิบัติ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิศนา แขมมณี และคณะ. 2545. **กระบวนการเรียนรู้.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.).

นพวรรณ ภู่ไพบูลย์. 2545. **การเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการสอนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญธง วสุริย์. 2546. **การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อการถ่ายโยงทักษะปฏิบัติสำหรับอาชีวอุตสาหกรรม.** วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาอาชีวศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์. 2546. **เทคโนโลยีสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรียา นพคุณ. 2545. **การพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวการสร้างองค์ความรู้ ในระดับชั้นประถมปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษศักดิ์ แป้นแก้ว. 2545. **แบบจำลองการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีแบบการเรียนและความถนัดทางการเรียนแตกต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรทิพย์ ไชยโส. 2543. **ทางเลือกใหม่ของการประเมินผลการเรียนการสอน: Performance Based Assessment & Authentic Assessment & Portfolio Assessment, เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ รุ่นที่ 5 เรื่อง การวัดการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพจิตร สดวกการ. 2539. **ผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียน.** วิทยานิพนธ์คุรุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ. 2547. **การเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องปรากฏการณ์คลื่น ด้วยวิธีการเรียนรู้ร่วมกันด้วยโครงงาน.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ้งรังสี วิบูลชัย. 2545. การพัฒนาตัวบ่งชี้รวมของคุณภาพการสอนในระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. 2540. **Constructivism.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2543. **การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรัญญา จีระวิพูลวรรณ. 2546. **การพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นให้จัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม:กรณีศึกษาโรงเรียนหนึ่งในอุดรธานี.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระพันธ์ สิทธิพงศ์. 2540. **ปรัชญาอาชีวะและเทคนิคศึกษา.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท เอ.พี. กราฟิค ดีไซน์ จำกัด.

ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์. 2544. **การเรียนรู้แบบใหม่: ยุทธศาสตร์ด้านนโยบายและการใช้ทรัพยากร.** กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สำนักวิจัยและบริการวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 2548. **รายงานการติดตามผลผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี.** เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

สุจินต์ เลี้ยงจรูญรัตน์. 2543. **ผลการใช้กระบวนการเรียนแบบคอนสตรักติวิซึมและการใช้แฟ้มผลงานในการสอนหัวข้อเรื่อง พลังงานกับชีวิต และ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชิน เพ็ชรักษ์. 2544. **การจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาในประเทศไทย** กรุงเทพมหานคร: องค์การค้าของคุรุสภา

สุดาวัลย์ ทับแอน. 2545. **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนและความคงทนในการจำระหว่างวิธีสอนแบบการสร้างองค์ความรู้กับวิธีการสอนปกติ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคุรุศาสตร์เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุมิตรา ด่านพานิชย์. 2550. **การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนความคิดรวบยอดทางภาษาอังกฤษจากการอ่าน.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2548. **รายงานการการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องการศึกษาความต้องการกำลังคนของกลุ่มอุตสาหกรรมการสื่อสาร.** ม.ป.ท.

Ackerman, K. 2004. **Constructing Knowledge and Transforming the World**. Washington, DC: IOS Press.

Ausubel, P. D. 1968. **Educational Psychology : A Cognitive View.** New York: Rinchart and Winston, INC.

Bers, U.M. 2001. **Identity Construction Environments: The Design of Computational Tools for Exploring a Sense of Self and Moral Values.** Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Beyer, B. 1991. **Teaching Thinking Skill: A Handbook for Elementary Teacher**. Boston: Allyn and Bacon.

Bourgoin, O.M. 1990**. Using LEGO Robots to Explore Dynamics**. Master of Science Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Brown, L. B. 1998. **Applying Constructivism in Vocational and Career Education** (Online) http://www-tcal.tamu.edu/erica/docs/brown., December 25, 2004.

Bruning, H., J. Schraw and R. Ronning. 1999. **Cognitive Psychology and Instruction.** 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall,Inc.

Buck Institute for Education. 1999. **Introduction to Project Based Learning** (Online)**.** www.bie.org/pbl/pblhandbook/intro.php., March 10, 2005.

Cavallo, D. 2000. **Technological Fluency and the Art of Motorcycle Maintenance: Emergent Design of Learning Environments**. Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Dekoli, M. 2003. **Coloring Time with CodaChrome**. Master of Science Thesis Massachusetts Institute of Technology.

Doolittle, E. P and G.W. Camp. 1999. **Constructivism: The Career and Technical Education Perspective** (Online). www.scholar.lib.vt.edu/ejournals/JVTE/v16n1/doolittle.html., November 25, 2004.

Gates, B. 1995. **The Road Ahead**. New York: Penguin Books.

_____. 2000. **Business @ the speed of thought: Succeeding in the Digital Economy**. London: Penguin Books.

_____. 2001. **Business @ the speed of thought**. London: Penguin Longman.

Gleick, J. 1992. **Genius: The Life and Science of Richard Feynman.** New York: Pantheon Books.

Goodrich, H. 1997. Understanding Rubrics. **Educational Leadership**. 54(4): 14-17.

Grant, M. M. 2002. **Getting A Grip on Project-Based Learning: Theory Cases and Recommendations** (Online). www.ncsu.edu/meridian/win2002/514/index.html., May 12, 2005.

Hlubinka, I. M. 2003**. Behind The Screens Digital Storytelling as Tool for Reflective Practice**. Master of Science Thesis Massachusetts Institute of Technology.

INCTEC. 1997. **What is Project Based Learning** (Online). www.intec.concord.org/t1/ a1p1proj_base.html.html, March 15, 2005.

Kaifai, Y. and M. Resnick. 1996. **Constructionism in Practice : Designing Thinking and Learning in a Digital World**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Kolb, A. D. 1984. **Experiential Learning : Experience as The Source of learning and Development.** New Jersey: Prentice-Hall.

Krulik, S and A. Rudnick. 1993. **Reasoning and Problem Solving: A Handbook for Elementary School Teachers**. Massachusetts: Allyn and Bacon.

Martin, G. F. 1988**. Children, Cybernetics, and Programmable Turtles**. Master of Science, Thesis Massachusetts Institute of Technology.

_____. 1994. **Circuits to Control: Learning Engineering by Designing LEGO Robots**. Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Meyer, C. and D. Stan. 2003. **It's Alive : The Coming Convergence of Information, Biology, and Business**. New York: Crown Business.

Maunsaiyat, S. 2002. **A Comparison of Students' Achievement and Attitudes Between Constructivist and Traditional Classroom Environments in Thailand Vocational Electronics Programs**. Doctor of Philosophy Thesis in Education, Utah State University.

Millner, D. A. 2005. **Hook-UPS: How Youth Learn Through Creating Physical Computer Interfaces**. Master of Science Thesis Massachusetts Institute of Technology.

Mills, E. J 2002 **The Effectiveness of Project-Based Learning in Structural Engineering**. Doctor of Philosophy Thesis, Curtin University of Technology.

Negroponte, N. 1995**. Being Digital**. London: Hodder & Stoughton.

Novak, J. D. and D. B. Godwin. 1984**. Learning How to Learn**. Cambridge: Cambridge University.

Papert, S. 1980. **Mindstorms: Chidren, Computers and Powerful ideas.** New York: Basic Books.

_____. 1990. **Constructionist Learning**. Cambridge Massachusetts: The Media Laboratory Massachusetts Institute of Technology.

_____. 1993. **The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer**. New York: Basic Books.

_____. 1996**. The Connected family: Bridging the Digital generation gap.** Georgia: Longstreet Press.

_____. 1999. **Logo Philosophy and Implementation** (Online) www. Wellesley.edu. February 20, 2006.

Raffle, H. S. 2004. **Topobo:A 3-D Constructive Assembly System with Kinetic Memory**. Master of Science Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Resnick, M and B. Silverman. 2005**. Some Reflection on Designing Constrution kits for kids**. http://web.media.mit.edu/~mres/papers.html, July 20, 2006.

Resnick, M. 1992. **Beyond the Centralized Mindset: Explorations in Massively-Parallel Microworlds**. Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

_____. 1993. **Behaviors Construction kits** (Online)**.** http://web.media.mit. edu/~mres/papers.html, July 3, 2005.

_____. 1994. Learning About Life. **Artificial Life Journal** 1(2): 229-241.

_____. 1998. Technologies for Lifelong Kindergarten. **Educational Technology Research and Development.** 4 (4).

_____. 2001. **Closing the Fluency Gap** (Online) http://web.media.mit.edu/~mres/ papers.html., January 6, 2005.

_____. 2002. **Rethinking Learning in the Digital Age** (Online). http://web.media.mit.edu/ ~mres/papers.html., November 20, 2005.

_____. 2006**. Computer as Paint Brush : Technology Play, and the Creative Society** (Online). http://web.media.mit.edu/~mres/papers.html., August 3, 2007.

Schon, A. D. 1983. **The Reflective Practitioner : How Professionls Think in Action**. New York: Basic Books.

Shaw, C. H. 1995**. Social Constructionism and the Inner City: Designing Environments for Social Development and Urban Renewal**. Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Sipitakiat, A. 2000. **Digital Technology for Conviviality: Making the Most of Students' Energy and Imagination in Learning Environments.** Master of Science Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

Sipitakiat, A. 2007. **Giving the Head a Hand: Constructing a Microworld to Build Relationships with Ideas in Balance Control.** Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Spence, G .J. 1999. **Worker-Centered Learning:Labor's Role** (Online). www.cete.org/acve/docs/dig211.pdf, December 5, 2004.

The Challenge. 2000. Mutimedia Project.2001. **Why do Project-Based Learning** (Online)**.** www.pblmm.k12.ca.us/PBL Guide/WhyPBL.html, March 20, 2005.

The George Lucas Educational Foundation. 2003**. Instructional Module: Project-Based Learning** (Online). http://www.glef.org., July 15, 2005.

Turkle, S and S. Papert. 1990. **Epistemological Pluralism and the Revaluation of the Concrete** (Online). www.Papert.org/articlec/ Epistemological Pluralism.html., July 10, 2005.

Ullmer, A. B. 2002. **Tangible Interfaces for Manipulating Aggregates of Digital information.** Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

Vygotsky , L. S. 1978. **Mine in Society: The Development of Higher Psychological Processes**. Cambridge: Harvard University Press.

Wyeth, P. and G. Wyeth. 2003**. Electronic Blocks: Tangible Programming Elements for Preschoolers** (Online). www.itee.uq.au/~pata., January 20 2005.

Zukerman, *et al.* 2005. **Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-inspired Manipulatives** (Online)**.** www.media.mit.edu/~orenz/papers/mit/Zuc., March 3, 2005.

ZuKerman, O and M. Resnick. 2003. **System Block: A Physical Interface for System Dynamics Simulation** (Online). www.llk.media.mit.edu/paper., March 20, 2005.

Zukerman, O. 2004. **System Block: Learning about Systems Concepts through Hands-on Modeling and Simulation**. M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.

_____. 2007**. Flowness+FlowBlocks Uncovering the Dynamics of Everyday Life through Playful Modeling.** Doctor of Philosophy Thesis in Media Arts and Science, Massachusetts Institute of Technology.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อผู้เชี่ยวชาญ	เครื่องมือวิจัยที่ขอความอนุเคราะห์ให้พิจารณา	ตำแหน่งงานและสถานที่ทำงาน
1. รศ.ดร. บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์	- การสร้างขั้นตอนกิจกรรม - แบบประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics - แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	รองผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ดร. สมชาย หมื่นสายญาติ	- การสร้างขั้นตอนกิจกรรม - แบบประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics - แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	อาจารย์ผู้สอนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ดร. ไพบูลย์ วิริยะวัฒนะ	- การสร้างขั้นตอนกิจกรรม - แบบประเมินตามเกณฑ์ Scoring Rubrics - แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	รองคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
4. ดร. ปรัชญานันท์ นิลสุข	- แบบทดสอบมโนทัศน์ด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ - แบบทดสอบการแก้ปัญหา	อาจารย์ผู้สอนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. รศ. ธีรศิลป์ ทุมวิภาต	- แบบทดสอบมโนทัศน์ด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ -แบบทดสอบการแก้ปัญหา	ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6. ดร. บุญธง วสุริย์	- แบบทดสอบมโนทัศน์ด้านเนื้อหาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ - แบบทดสอบการแก้ปัญหา	ผู้อำนวยการศูนย์วิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

ภาคผนวก ข

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และกรอบแนวคิด ทฤษฎีสนับสนุนในการสร้างกิจกรรม

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย

1. แผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 1

   - แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 1ก
   - แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 1ข

2. แผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนที่ 2

   - แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 2ก
   - แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 2ข
   - แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 2ค

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 1ก

หัวข้อ แนะนำรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ และ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

วิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 เวลา 4 ชั่วโมง

วัตถุประสงค์ปลายทาง เมื่อเรียนจบผู้เรียนสามารถ

1. รู้จ้กและเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับ วงจรเข้ารหัส วงจรถอดรหัส วงจรมัลติเพรก วงจรดีมัลติเพรก วงจรเปรียบเทียบ วงจร ฟลิบฟลอบและวงจรนับ
2. รู้จักและเข้าใจ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก
3. สามารถใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อเรียนจบผู้เรียนสามารถ

1. บอกและอธิบายได้เบื้องต้นเกี่ยวกับ วงจรเข้ารหัส วงจรถอดรหัส วงจรมัลติเพรก วงจรดีมัลติเพรก วงจรเปรียบเทียบ วงจรฟลิบฟลอบและวงจรนับ
2. บอกและอธิบายการทำงานของบล็อกแต่ละบล็อกมีหน้าที่ทำอะไร
3. ปฏิบัติการเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกให้เป็นรูปร่างต่างๆตามจินตนาการ
4. ปฏิบัติการเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเคลื่อนที่ได้โดยสร้างเป็นหุ่นยนต์โดยใช้วงจรเกตพื้นฐาน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล/	เวลาในการจัดกิจกรรม
<u>1. แนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงาน</u> 1.1 แนะนำรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	1. นำเสนอภาพรวมของการเรียนการสอนวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2.นำเสนอความรู้เบื้องต้นและตัวอย่างวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 7 เรื่อง 3. ถามคำถามผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้และวงจรแต่ละวงจรเช่น - วงจรถอดรหัสหมายถึงวงจรที่มีการทำงานอย่างไร -วงจรฟลิบฟลอบหมายถึงวงจรที่มีการทำงานอย่างไร -วงจรนี้(แสดงวงจรเปรียบเทียบ)มีการทำงานอย่างไร	1. ดูภาพและตอบคำถามโดยอธิบายวงจรจากภาพ 2. บันทึกเนื้อหาที่สำคัญที่ได้จากผู้สอนอธิบายลงในสมุดบันทึกของนักศึกษา	1. เพาเวอร์พอยน์แสดงเนื้อหาและภาพรวมของรายวิชา 1. เพาเวอร์พอยน์แสดงภาพวงจรทั้ง 7 เรื่อง	ความสนใจในการตอบคำถามและการอภิปรายตามที่ผู้เรียนเข้าใจ	40 นาที

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล	เวลาในการจัดกิจกรรม
1.2 แนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	1. อธิบายลักษณะภายนอกและการเชื่อมต่อภายนอกแต่ละบล็อกของดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. อธิบายการทำงานภายในและหน้าที่การทำงานของแต่ละบล็อก 3. อธิบายขาสัญญาณแต่ละบล็อกตามคู่มือ(ภาคผนวก ค)	ดูและซักถามในประเด็นที่สงสัย	1. ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. เพาเวอร์พอยน์แสดงลักษณะขาสัญญาณ	ความสนใจในการซักถามและสมุดบันทึก	20 นาที
1.3 สร้างความคุ้นเคยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกด้วยการจัดแข่งขันให้เชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามจินตนาการ	1. อธิบายกติการเกมส์การแข่งขันและให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มด้วยความสมัครใจกลุ่มละ 4 คนให้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกแต่ละกลุ่ม 2. อธิบายเกณฑ์การตัดสินโดยการตัดสินจะให้ผู้เรียนโหวตกันเอง กลุ่มไหนได้คะแนนมากที่สุดจะเป็นผู้ชนะ	สร้างชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามจินตนาการของกลุ่ม	ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	ความสนใจในการทำงานร่วมกัน	60 นาที

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล	เวลาในการจัดกิจกรรม
1.4 สาธิตการใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	1. แสดงวิธีการสร้างหุ่นยนต์แบบง่ายๆ 2. เขียนวงจรเกตพื้นฐานในโปรแกรมเวปแพคเพื่อควบคุมห่นยนต์เมื่อมีการกดสวิตซ์ด้านซ้ายหรือด้านขวาให้มีการเคลื่อนที่ 3. โหลดโปรแกรมลงที่ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก(บล็อกพฤติกรรม) 4. แสดงการทำงานของหุ่นยนต์ที่ภายในควบด้วยเกตพื้นฐาน 5. . เขียนวงจรเกตฟลิบฟลอบในโปรแกรมเวปแพคเพื่อควบคุมห่นยนต์เมื่อมีการกดสวิตซ์ด้านซ้ายหรือขวาให้เดินหน้าหรือถอยหลัง	ดูและซักถามในประเด็นที่สงสัย	1. ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. โปรแกรมเวปแพค	ความสนใจและการซักถามอภิปรายในประเด็นที่เกิดความสงสัย	20 นาที

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล	เวลาในการจัดกิจกรรม
1.5 นักศึกษาทดลองใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกโดยใช้เกตพื้นฐาน	1. ช่วยเหลือและแนะนำในในการสร้างหุ่นยนต์อย่างง่ายและแนะนำกลุ่มที่ไม่เข้าใจการโหลดโปรแกรม 2. แนะนำการบังคับหุ่นยนต์เมื่อโหลดโปรแกรมสำเร็จ	1.สร้างหุ่นยนต์อย่างง่ายจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. เขียนวงจรเกตพื้นฐาน 3. โหลดวงจรลงไปที่บล็อกพฤติกรรม 4. ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ 5. เขียนวงจรฟลิบ ฟลอบ 6. โหลดวงจรไปที่บล็อกพฤติกรรม 7. ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์	1. ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. โปรแกรมเวปแพค	1. ความสามารถใน การสร้างหุ่นยนต์ 2. การทดลองเขียนโปรแกรมเวปแพคและการโหลดโปรแกรม 3. อนุทิน	50 นาที
.1.6 สอบวัดความรู้เดิม	1. เตรียมข้อสอบและแจกแบบทดสอบ	ทำแบบทดสอบ			50 คะแนน

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 1ข

วิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 **ระดับ** ปริญญาตรี 2 ปี (หลังอนุปริญญา) **เวลา** 11 สัปดาห์

เรื่อง เรียนรู้ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์โดยการทำโครงงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

คำอธิบายรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 3(2-2)

ศึกษาคุณสมบัติของไอซีดิจิตอล เทคนิคการเชื่อมโยงสัญญาณไอซี การโปรแกรมอุปกรณ์ดิจิตอลโปรแกรม การออกแบบและประยุกต์ วงจรเชิงจัดหมู่ วงจรเชิงลำดับ ทดลองการทำงานของไอซีที่สอดคล้องกับทฤษฎี สร้างโครงงานอย่างง่าย 1-2 โครงงาน โดยสร้างอุปกรณ์ดิจิตอลโปรแกรมที่ได้ศึกษาจากทฤษฎีมาประยุกต์ทดสอบการทำงาน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักศึกษาเรียนจบแล้วนักศึกษาสามารถ :

4.1 มีความรู้ในเนื้อหารายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2

4.2 แก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้

4.3 สร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
มีความรู้ในเนื้อหารายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 . แก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้ สร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้	<u>ขั้นที่ 2. นักศึกษาคิดหัวข้อที่จะสร้างโครงงานโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม</u> 2.1 ให้ใบกิจกรรมการเรียนรู้กับนักศึกษาทุกกลุ่ม 2.2 นักศึกษาคิดโครงงานจากใบกิจกรรมที่จัดให้ ระดมสมองในการคิดหัวข้อโครงงาน 2.3นักศึกษาค้นคว้าข้อมูลเองและจัดการข้อมูลที่สัมพันธ์กับโครงงานจากแหล่งต่างๆ 2.4 ระบุขั้นตอนการดำเนินการเพื่อสร้างโครงงานจากหัวข้อออกแบบโครงงานและเลือกดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกที่จัดเตรียมไว้ให้	1. แนะนำใบกิจกรรมการเรียนรู้ 2. แสดงตัวอย่างโครงงานเครื่องปั๊มน้ำเข้าสู่ถังที่สร้างจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 3. คอยช่วยเหลือแนะนำผู้เรียน 4. ประเมินนักศึกษา	1. ผู้เรียนระดมสมองคิดโครงงานโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม 2. นักศึกษาวางแผนระบุขั้นตอนการออกแบบโครงงาน	เครื่องปั๊มน้ำเข้าสู่ถัง	1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	<u>ขั้นที่ 3. นักศึกษาสร้างชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก</u> 3.1 นักศึกษาสร้างชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ 3.2 นักศึกษาทดสอบการทำงาน และปรับปรุงโครงงานให้มีประสิทธิภาพ	1. คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ 2. ประเมินนักศึกษา	1. สร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. ทดสอบการทำงานของโครงงาน 3. ปรับปรุงประสิทธิภาพโครงงาน		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน
	<u>ขั้นที่ 4 นักศึกษามีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันพร้อมประเมินโครงงาน</u> 4.1นักศึกษานำเสนอผลงานและอภิปรายการสร้างโครงงานและมีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 4.2 ประเมินโครงงานและปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ	1. คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ 2. กระตุ้นนักศึกษาให้มีการอภิปรายและแลกเปลี่ยนกัน 2. ประเมินนักศึกษา	1. นำเสนอโครงงาน 2. แลกเปลี่ยนกับเพื่อนๆ ในโครงงานที่นำเสนอ 3.ประเมินชิ้นงานตนเอง		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. Scoring Rubrics ชิ้นงาน 4. วีดีทัศน์ 5. การสังเกตพฤติกรรม 6. การสัมภาษณ์ 7.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	<u>ขั้นที่ 5 นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการสร้างโครงงาน</u> 5.1 นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการกระทำในระหว่างการสร้างโครงงานและหลังการสร้างโครงงาน 5.2 นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการกระทำโดยบันทึกในอนุทิน	กระตุ้นผู้เรียนให้คิดถึงเหตุการณ์และความรู้ที่ได้รับ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการสร้างโครงงานและสิ้นสุดการสร้างโครงงาน	1. พยายามนึกถึงเหตุการณ์และความรู้ที่ได้รับ 2. เขียนบันทึกความรู้ที่ได้รับในอนุทิน		1. อนุทิน 2.รายงานโครงงาน 3. สมภาษณ์
	วนซ้ำกลับไปขั้นที่ 2 จนกว่าผู้เรียนจะสร้างโครงงานได้ครบตามเนื้อหาในใบกิจกรรม				
	สอบวัดความรู้หลังการจัดกิจกรรม				1. แบบทดสอบฉบับเดิมก่อนการเรียน 2.แบบทดสอบการแก้ปัญหา

ตารางผนวกที่ ข1 กรอบแนวคิด ทฤษฎีสนับสนุนในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้

กรอบแนวคิดและกรอบทฤษฎี	กิจกรรมการเรียนรู้
	1. แนะนำรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกและสอบวัดความรู้เดิม
-ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมของ Papert (แนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับสิ่งที่จะเรียนรู้ ในที่นี้คือ รายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ และ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก วิธีที่ Papert เสนอคือ การได้เล่นและใช้เหมือนในสถานการณ์จริง คล้ายกับเรียนภาษาฝรั่งเศลในประเทศฝรั่งเศล)	1.1 แนะนำรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 1.2 แนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกและจัดให้มีการแข่งขันเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเป็นรูปร่างต่างๆตามจินตนาการ 1.3 สาธิตการใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 1.4 นักศึกษาพิสูจน์ทดลองเกตพื้นฐานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก
- ทฤษฎี คอนสตรักติวิซึมของ Piaget (การเรียนรู้รูปธรรมถึงนามธรรม)	1.5 สอบวัดความรู้เดิม
- ทฤษฎี คอนสตรักติวิซึมของ Piaget (ค้นหาความรู้เดิมเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้)	
- ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (การสร้างมโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract conceptualization:AC)) ของ Lewin ,Dewey และ Kolb) นักศึกษาคิดโครงงานจากมโนทัศน์เชิงนามธรรม	**2. นักศึกษาคิดหัวข้อที่จะสร้างโครงงานโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม** 2.1 ให้ใบกิจกรรมการเรียนรู้กับนักศึกษาทุกกลุ่ม 2.2 นักศึกษาคิดโครงงานจากใบกิจกรรมที่จัดให้ ระดมสมองในการคิดหัวข้อโครงงาน
- ทฤษฎี คอนสตรักชันนิซึม ผู้สอนเป็นที่ปรึกษาและร่วมเรียนรู้กับผู้เรียน	2.3 นักศึกษาค้นคว้าข้อมูลเองและจัดการข้อมูลที่สัมพันธ์กับโครงงานจากแหล่งต่างๆ 2.4 ระบุขั้นตอนการดำเนินการเพื่อสร้างโครงงานจากหัวข้อ ออกแบบโครงงานและเลือกดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกที่จัดเตรียมไว้ให้

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

กรอบแนวคิดและกรอบทฤษฎี	กิจกรรมการเรียนรู้
	3. นักศึกษาสร้างชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก
- ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (การทดลองปฏิบัติจริง (active experimention:AE)) ของ Lewin ,Dewey และ Kolb) นักศึกษาทดลองปฏิบัติจริงในการสร้างชิ้นงาน	3.1 นักศึกษาสร้างชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ 3.2 นักศึกษาทดสอบการทำงาน และปรับปรุงโครงงานให้มีประสิทธิภาพ
-ทฤษฎีคอนสตรักชันนิซึมของ Papert (สร้างความรู้และสติปัญญาด้วยวัตถุช่วยคิด (ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก))	
	4. นักศึกษามีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันพร้อมประเมินโครงงาน
- ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (ประสบการณ์เชิงรูปธรรม(concrete experience:CE)) ของ Lewin ,Dewey และ Kolb) จากการที่นักศึกษาเล่นกับชิ้นงานและสำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้างตามแนวคิดของ Resnick	4.1 นักศึกษานำเสนอผลงานและอภิปรายการสร้างโครงงานและมีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน 4.2 ประเมินโครงงานและปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ
- ทฤษฎี คอนสตรักติวิซึม ของ Vygotsky นักศึกษาแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดซึ่งกันและกันวงจรการเรียนรู้ประสบการณ์ภายในกับภายนอก	

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

กรอบแนวคิดและกรอบทฤษฎี	กิจกรรมการเรียนรู้
- ทฤษฎีการเรียนรู้จากประสบการณ์ (การสังเกตและสะท้อน(reflective and observations:RO)) ของ Lewin ,Dewey และ Kolb) จากการที่นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกแล้วสรุปความรู้และแนวคิดต่างๆที่ได้รับจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก - นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการกระทำ ของ Shon	**5. นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการสร้างโครงงาน** 5.1 นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการกระทำในระหว่างการสร้างโครงงานและหลังการสร้างโครงงาน 5.2 นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการกระทำโดยบันทึกในอนุทิน

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 1ข (ปรับกิจกรรมครั้งที่ 1)

หัวข้อ แนะนำรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ และ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

วิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 เวลา 4 ชั่วโมง

วัตถุประสงค์ปลายทาง เมื่อเรียนจบผู้เรียนสามารถ

1. รู้จักและเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับ วงจรเข้ารหัส วงจรถอดรหัส วงจรมัลติเพรก วงจรดีมัลติเพรก วงจรเปรียบเทียบ วงจร ฟลิบฟลอบและวงจรนับ
2. รู้จักและเข้าใจ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก
3. สามารถใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อเรียนจบผู้เรียนสามารถ

1. บอกและอธิบายได้เบื้องต้นเกี่ยวกับ วงจรเข้ารหัส วงจรถอดรหัส วงจรมัลติเพรก วงจรดีมัลติเพรก วงจรเปรียบเทียบ วงจรฟลิบฟลอบและวงจรนับ
2. บอกและอธิบายการทำงานของบล็อกแต่ละบล็อกมีหน้าที่ทำอะไร
3. ปฏิบัติการเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกให้เป็นรูปร่างต่างๆตามจินตนาการ
4. ปฏิบัติการเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเคลื่อนที่ได้โดยสร้างเป็นหุ่นยนต์โดยใช้วงจรเกตพื้นฐาน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล/	เวลาในการจัดกิจกรรม
1. แนะนำและให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างโครงงาน 1.1 แนะนำรายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์	1. นำเสนอภาพรวมของการเรียนการสอนวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2.นำเสนอความรู้เบื้องต้นและตัวอย่างวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 7 เรื่อง 3. ถามคำถามผู้เรียนเกี่ยวกับความรู้และวงจรแต่ละวงจรเช่น - วงจรถอดรหัสหมายถึงวงจรที่มีการทำงานอย่างไร -วงจรฟลิบฟลอบหมายถึงวงจรที่มีการทำงานอย่างไร -วงจรนี้(แสดงวงจรเปรียบเทียบ)มีการทำงานอย่างไร	1. ดูภาพและตอบคำถามโดยอธิบายวงจรจากภาพ 2. บันทึกเนื้อหาที่สำคัญที่ได้จากผู้สอนอธิบายลงในสมุดบันทึกของนักศึกษา	1. เพาเวอร์พอยน์แสดงเนื้อหาและภาพรวมของรายวิชา 1. เพาเวอร์พอยน์แสดงภาพวงจรทั้ง 7 เรื่อง	ความสนใจในการตอบคำถามและการอภิปรายตามที่ผู้เรียนเข้าใจ	40 นาที

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล	เวลาในการจัดกิจกรรม
1.2 แนะนำดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	1. อธิบายลักษณะภายนอกและการเชื่อมต่อภายนอกแต่ละบล็อกของดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. อธิบายการทำงานภายในและหน้าที่การทำงานของแต่ละบล็อก 3. อธิบายขาสัญญาณแต่ละบล็อกตามคู่มือ(ภาคผนวก ค)	ดูและซักถามในประเด็นที่สงสัย	1. ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. เพาเวอร์พอยน์แสดงลักษณะขาสัญญาณ	ความสนใจในการซักถามและสมุดบันทึก	20 นาที
1.3 สร้างความคุ้นเคยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกด้วยการจัดแข่งขันให้เชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามจินตนาการ	1. อธิบายกติการเกมส์การแข่งขันและให้นักศึกษาแบ่งกลุ่มด้วยความสมัครใจกลุ่มละ 4 คนให้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกแต่ละกลุ่ม 2. อธิบายเกณฑ์การตัดสินโดยการตัดสินจะให้ผู้เรียนโหวตกันเอง กลุ่มไหนได้คะแนนมากที่สุดจะเป็นผู้ชนะ	สร้างชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามจินตนาการของกลุ่ม	ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	ความสนใจในการทำงานร่วมกัน	60 นาที

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล	เวลาในการจัดกิจกรรม
1.4 สาธิตการใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	1. แสดงวิธีการสร้างหุ่นยนต์แบบง่ายๆ 2. เขียนวงจรเกตพื้นฐานในโปรแกรมเวปแพคเพื่อควบคุมห่นยนต์เมื่อมีการกดสวิตซ์ด้านซ้ายหรือด้านขวาให้มีการเคลื่อนที่ 3. โหลดโปรแกรมลงที่ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก(บล็อกพฤติกรรม) 4. แสดงการทำงานของหุ่นยนต์ที่ภายในควบด้วยเกตพื้นฐาน 5. . เขียนวงจรเกตฟลิบฟลอบในโปรแกรมเวปแพคเพื่อควบคุมห่นยนต์เมื่อมีการกดสวิตซ์ด้านซ้ายหรือขวาให้เดินหน้าหรือถอยหลัง	ดูและซักถามในประเด็นที่สงสัย	1. ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. โปรแกรมเวปแพค	ความสนใจและการซักถามอภิปรายในประเด็นที่เกิดความสงสัย	20 นาที

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	ประเมินผล	เวลาในการจัดกิจกรรม
1.5 นักศึกษาทดลองใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกโดยใช้เกตพื้นฐาน	1. ช่วยเหลือและแนะนำในในการสร้างหุ่นยนต์อย่างง่ายและแนะนำกลุ่มที่ไม่เข้าใจการโหลดโปรแกรม 2. แนะนำการบังคับหุ่นยนต์เมื่อโหลดโปรแกรมสำเร็จ	1.สร้างหุ่นยนต์อย่างง่ายจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. เขียนวงจรเกตพื้นฐาน 3. โหลดวงจรลงไปที่บล็อกพฤติกรรม 4. ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ 5. เขียนวงจรฟลิบ ฟลอบ 6. โหลดวงจรไปที่บล็อกพฤติกรรม 7. ทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์	1. ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2. โปรแกรมเวปแพค	1. ความสามารถใน การสร้างหุ่นยนต์ 2. การทดลองเขียนโปรแกรมเวปแพคและการโหลดโปรแกรม 3. อนุทิน	50 นาที

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 2ข (ปรับกิจกรรมครั้งที่ 1)

วิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 **ระดับ** ปริญญาตรี 2 ปี (หลังอนุปริญญา) **เวลา** 7 สัปดาห์

เรื่อง เรียนรู้ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์โดยการทำโครงงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

คำอธิบายรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 3(2-2)

ศึกษาคุณสมบัติของไอซีดิจิตอล เทคนิคการเชื่อมโยงสัญญาณไอซี การโปรแกรมอุปกรณ์ดิจิตอลโปรแกรม การออกแบบและประยุกต์ วงจรเชิงจัดหมู่ วงจรเชิงลำดับ ทดลองการทำงานของไอซีที่สอดคล้องกับทฤษฎี สร้างโครงงานอย่างง่าย 1-2 โครงงาน โดยสร้างอุปกรณ์ดิจิตอลโปรแกรมที่ได้ศึกษาจากทฤษฎีมาประยุกต์ทดสอบการทำงาน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักศึกษาเรียนจบแล้วนักศึกษาสามารถ :

4.1 มีความรู้ในเนื้อหารายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2

4.2 แก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้

4.3 สร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
มีความรู้ในเนื้อหารายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 แก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้ สร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้	ขั้นที่ 2. นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 2.1) นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามที่นักศึกษาต้องการ 2.2) ผู้วิจัยคอยให้ความช่วยเหลือ	1. คอยช่วยเหลือแนะนำผู้เรียน 2. ประเมินนักศึกษา	นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	3. นักศึกษาสะท้อนความคิด (reflect) จากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 3.1) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 3.2) นักศึกษาสรุปความรู้และแนวคิดหรือเหตุการณ์ต่างๆที่ได้รับจากการเล่น	1. คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ 2. กระตุ้นผู้เรียนให้คิดถึงเหตุการณ์และความรู้ที่ได้รับ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเล่นและสิ้นสุดการเล่น 3. ประเมินนักศึกษา	สะท้อนความคิดจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน
	4. นักศึกษาจินตนาการ (imagin) ถึงโครงงานที่จะทำและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน 4.1) นักศึกษาจินตนาการถึงโครงงานที่จะสร้างโดยใช้ความรู้และแนวคิดจากการสะท้อนความคิดจากการกระทำ 4.2) นักศึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนที่จะสร้างโครงงาน	1. คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ 2. กระตุ้นนักศึกษาให้มีการจินตนาการอภิปรายและแลกเปลี่ยนกัน 3. ประเมินนักศึกษา	1. จินตนาการถึงโครงงานที่จะทำ 2. แลกเปลี่ยนกับเพื่อนๆในโครงงานที่นำเสนอ	เครื่องปั๊มน้ำเข้าสู่ถัง	1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	5. นักศึกษาสร้างสรรค์ (create) ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 5.1) นักศึกษาสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยวัสดุและดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 5.2) นักศึกษาทดสอบการทำงานและปรับปรุงชิ้นงาน 5.3) นักศึกษาสะท้อนความคิดในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและเมื่อเกิดปัญหา	ผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือ	สร้างโครงงานและแก้ปัญหาขณะการสร้างโครงงาน		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	6. นักศึกษาเล่น (play)กับชิ้นงาน 6.1) นักศึกษาเล่นกับชิ้นงานสำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้าง 6.2) นักศึกษาแลกเปลี่ยน (share) ความรู้และแนวคิดในขณะเล่นกับคนอื่นๆ รอบๆตัวโดยใช้วงจรการเรียนรู้ระหว่างประสบการณ์ภายในกับภายนอก	กระตุ้นผู้เรียนให้สำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้างนั้น	สำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้าง		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. Scoring Rubrics ชิ้นงาน 4. วีดีทัศน์ 5. การสังเกตพฤติกรรม 6. การสัมภาษณ์ 7.อนุทิน
	วนซ้ำกลับไปขั้นที่ 3จนกว่าผู้เรียนจะสร้างโครงงานได้ครบตามเนื้อหาในใบกิจกรรม				

แผนกิจกรรมการเรียนรู้ แผนที่ 2ค (ปรับกิจกรรมครั้งที่ 2)

วิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 **ระดับ** ปริญญาตรี 2 ปี (หลังอนุปริญญา) **เวลา** 7 สัปดาห์

เรื่อง เรียนรู้ ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์โดยการทำโครงงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

คำอธิบายรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 3(2-2)

ศึกษาคุณสมบัติของไอซีดิจิตอล เทคนิคการเชื่อมโยงสัญญาณไอซี การโปรแกรมอุปกรณ์ดิจิตอลโปรแกรม การออกแบบและประยุกต์ วงจรเชิงจัดหมู่ วงจรเชิงลำดับ ทดลองการทำงานของไอซีที่สอดคล้องกับทฤษฎี สร้างโครงงานอย่างง่าย 1-2 โครงงาน โดยสร้างอุปกรณ์ดิจิตอลโปรแกรมที่ได้ศึกษาจากทฤษฎีมาประยุกต์ทดสอบการทำงาน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อนักศึกษาเรียนจบแล้วนักศึกษาสามารถ :

4.1 มีความรู้ในเนื้อหารายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2

4.2 แก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้

4.3 สร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
มีความรู้ในเนื้อหารายวิชาดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2	ขั้นที่ 1. ให้ใบกิจกรรม	ให้ใบกิจกรรมกับนักศึกษา	นักศึกษาใช้ใบกิจกรรมในการสร้างโครงงาน		
. แก้ปัญหาโครงงานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้ สร้างโครงงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกได้	ขั้นที่ 2. นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกโดยใช้วงจรจากใบกิจกรรม 2.1) นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกตามที่นักศึกษาต้องการโดยใช้วงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์จากใบกิจกรรม 2.2) ผู้วิจัยคอยให้ความช่วยเหลือ	1. คอยช่วยเหลือแนะนำผู้เรียน 2. ประเมินนักศึกษา	นักศึกษาเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	3. นักศึกษาสะท้อนความคิด (reflect) จากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 3.1) นักศึกษาสะท้อนความคิดจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 3.2) นักศึกษาสรุปความรู้และแนวคิดหรือเหตุการณ์ต่างๆที่ได้รับจากการเล่น	1. คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ 2. กระตุ้นผู้เรียนให้คิดถึงเหตุการณ์และความรู้ที่ได้รับ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเล่นและสิ้นสุดการเล่น 3. ประเมินนักศึกษา	สะท้อนความคิดจากการเล่นกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน
	4. นักศึกษาจินตนาการ (imagin) ถึงโครงงานที่จะทำและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน 4.1) นักศึกษาจินตนาการถึงโครงงานที่จะสร้างโดยใช้ความรู้และแนวคิดจากการสะท้อนความคิดจากการกระทำ 4.2) นักศึกษาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนที่จะสร้างโครงงาน	1. คอยให้ความช่วยเหลือแนะนำ 2. กระตุ้นนักศึกษาให้มีการจินตนาการอภิปรายและแลกเปลี่ยนกัน 3. ประเมินนักศึกษา	1. จินตนาการถึงโครงงานที่จะทำ 2. แลกเปลี่ยนกับเพื่อนๆในโครงงานที่นำเสนอ	เครื่องปั๊มน้ำเข้าสู่ถัง	1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. . Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	5. นักศึกษาสร้างสรรค์ (create) ชิ้นงานจากดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 5.1) นักศึกษาสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยวัสดุและดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก 5.2) นักศึกษาทดสอบการทำงานและปรับปรุงชิ้นงาน 5.3) นักศึกษาสะท้อนความคิดในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและเมื่อเกิดปัญหา	ผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือ	สร้างโครงงานและแก้ปัญหาขณะการสร้างโครงงาน		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. วีดีทัศน์ 4. การสังเกตพฤติกรรม 5. การสัมภาษณ์ 6.อนุทิน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	กิจกรรมของผู้สอน	กิจกรรมของผู้เรียน	สื่อที่ใช้ในการเรียน	การประเมิน
	6. นักศึกษาเล่น (play)กับชิ้นงาน 6.1) นักศึกษาเล่นกับชิ้นงานสำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้าง 6.2) นักศึกษาแลกเปลี่ยน (share) ความรู้และแนวคิดในขณะเล่นกับคนอื่นๆ รอบๆตัวโดยใช้วงจรการเรียนรู้ระหว่างประสบการณ์ภายในกับภายนอก	กระตุ้นผู้เรียนให้สำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้างนั้น	สำรวจแนวคิดภายใต้สิ่งที่สร้าง		1. Scoring Rubrics การเรียนรู้ร่วมกัน 2. Scoring Rubrics การปฏิบัติงาน 3. Scoring Rubrics ชิ้นงาน 4. วีดีทัศน์ 5. การสังเกตพฤติกรรม 6. การสัมภาษณ์ 7.อนุทิน
	วนซ้ำกลับไปขั้นที่ 3จนกว่าผู้เรียนจะสร้างโครงงานได้ครบตามเนื้อหาในใบกิจกรรม				

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาและใบกิจกรรมการเรียนรู้

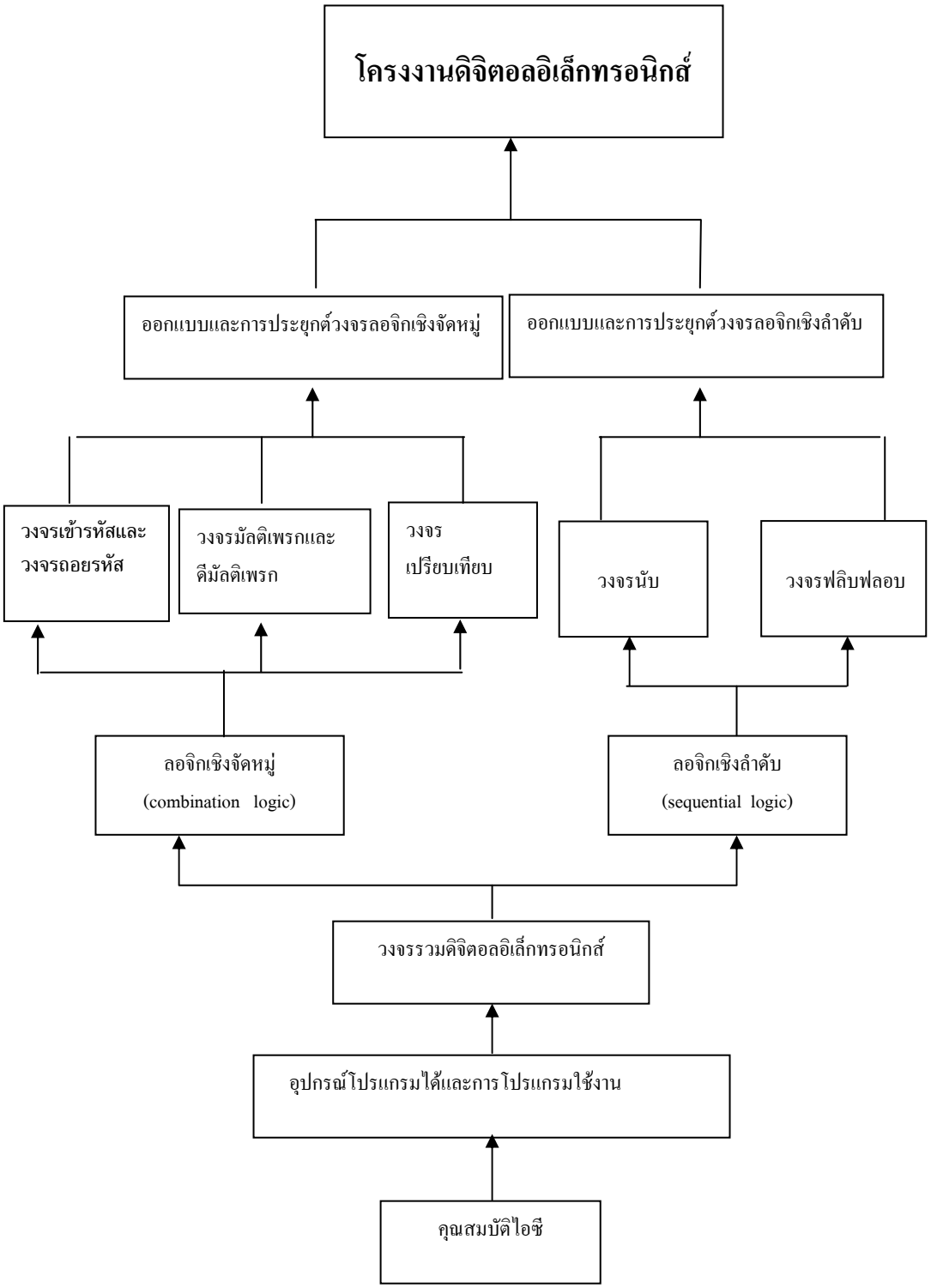
การวิเคราะห์เนื้อหาวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตาม การเรียนรู้โดยโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานด้วยดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกสำหรับนักศึกษาโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี นั้นจำเป็นต้องมีการกำหนดเนื้อหา ก่อนการกำหนดวัตถุประสงค์และเครื่องมือในการประเมินผล ดังนั้นเอกสารที่จะสร้างขึ้น ต้องเริ่มจากการวิเคราะห์กำหนดวัตถุประสงค์ของเนื้อหา เพื่อนำไปสู่มโนทัศน์ที่สำคัญ เพื่อให้เห็นโครงสร้างทั้งหมดของมโนทัศน์ในเนื้อหา และโครงสร้างในการนำมโนทัศน์ไปสู่การปฏิบัติ สำหรับเนื้อหาวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 มีคำอธิบายรายวิชาดังนี้

คำอธิบายรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิส์ 2 3(2-2)
(ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี พ.ศ. 2548)

ศึกษาคุณสมบัติของไอซีดิจิตอล เทคนิคการเชื่อมโยงสัญญาณไอซี การโปรแกรมอุปกรณ์ดิจิตอลโปรแกรม การออกแบบและการประยุกต์ วงจรเชิงจัดหมู่ วงจรเชิงลำดับ ทดลองการทำงานของไอซีที่สอดคล้องกับทฤษฎีสร้างโครงงานอย่างง่าย 1- 2 โครงงาน โดยสร้างอุปกรณ์ที่ได้ศึกษาจากทฤษฎีมาประยุกต์ทดสอบการทำงานในสถานการณ์ต่างๆ

จากคำอธิบายรายวิชา ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ 2 สามารถวิเคราะห์เป็นโครงสร้างของเนื้อหาดังนี้



ภาพผนวกที่ ค1 โครงสร้างเนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชา

กำหนดวัตถุประสงค์ด้านเนื้อหา

จากโครงสร้างเนื้อหาสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ด้านเนื้อหาดังนี้

ตารางผนวกที่ ค1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์ลอจิกเชิงจัดหมู่

ลอจิกเชิงจัดหมู่ (combination logic)	**วัตถุประสงค์ด้านเนื้อหา**	**วัตถุประสงค์การปฏิบัติ**
1. เข้าใจและประยุกต์ใช้วงจรลอจิกเชิงจัดหมู่	1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรลอจิกเชิงจัดหมู่ได้วงจรประกอบด้วย 1.1 วงจรเข้ารหัสและถอดรหัส 1.2 วงจรมัลติเพลก และดีมัลติเพลก 1.3 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	1. สามารถประยุกต์วงจรลอจิกเชิงจัดหมู่ได้วงจรประกอบด้วย 1.1 วงจรเข้ารหัสและวงจรถอดรหัส 1.2 วงจรมัลติเพลก และดีมัลติเพลก 1.3 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ
2. ออกแบบวงจรลอจิกเชิงจัดหมู่ในสถานการณ์ต่างๆ	2. แสดงวิธีการออกแบบวงจรลอจิกวงจรลอจิกเชิงจัดหมู่จากโจทย์ปัญหาได้ 3. แสดงวิธีการออกแบบวงจรลอจิกวงจรลอจิกเชิงจัดหมู่ในชีวิตประจำวันและสถาณการณ์ที่แตกต่างได้	2. สามารถออกแบบวงจรลอจิกเชิงจัดหมู่จากโจทย์ปัญหาได้ 3. สามารถออกแบบวงจรลอจิกเชิงจัดหมู่เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและสถาณการณ์ที่แตกต่างได้

ตารางผนวกที่ ค2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์ลอจิกเชิงจัดหมู่

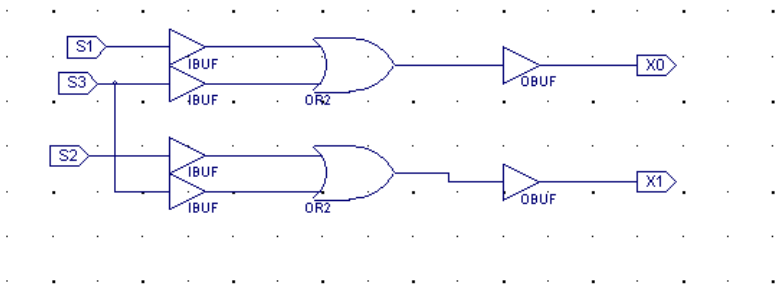
ลอจิกเชิงลำดับ (sequential logic)	**วัตถุประสงค์ด้านเนื้อหา**	**วัตถุประสงค์การปฏิบัติ**
1. เข้าใจและประยุกต์ใช้วงจรลอจิกเชิงลำดับ	1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรลอจิกเชิงลำดับได้วงจรประกอบด้วย 1.1 วงจรฟลิบฟลอบ 1.2 วงจรนับ	1. สามารถประยุกต์วงจรลอจิกเชิงลำดับได้วงจรประกอบด้วย 1.1 วงจรฟลิบฟลอบ 1.2 วงจรนับ
2. ออกแบบวงจรลอจิกเชิงลำดับ.ในสถานการณ์ต่างๆ	2. แสดงวิธีการออกแบบวงจรลอจิกวงจรลอจิกเชิงลำดับจากโจทย์ปัญหาได้ 3. แสดงวิธีการออกแบบวงจรลอจิกวงจรลอจิกเชิงลำดับในชีวิตประจำวันและสถาณการณ์ที่แตกต่างได้	3. สามารถออกแบบวงจรลอจิกเชิงลำดับจากโจทย์ปัญหาได้ 4. สามารถออกแบบวงจรลอจิกเชิงลำดับเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและสถาณการณ์ที่แตกต่างได้

ใบกิจกรรม

ใบกิจกรรมที่ 1 ศึกษาและใช้งานวงจรเข้ารหัสสัญญาณ และวงจรถอดรหัสสัญญาณ

กิจกรรมนี้เป็นการศึกษาและใช้งาน วงจรเข้ารหัสสัญญาณและวงจรถอดรหัสสัญญาณ โดยนักศึกษาจะได้สร้างสรรค์ชิ้นงานบางอย่างในการใช้แนวคิดนี้

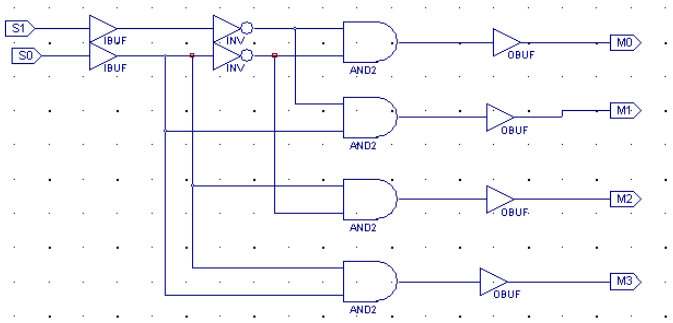
1. วงจรเข้ารหัส



ภาพผนวกที่ ค2 วงจรเข้ารหัส

2. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

3. วงจรถอดรหัส



ภาพผนวกที่ ค3 วงจรถอดรหัส

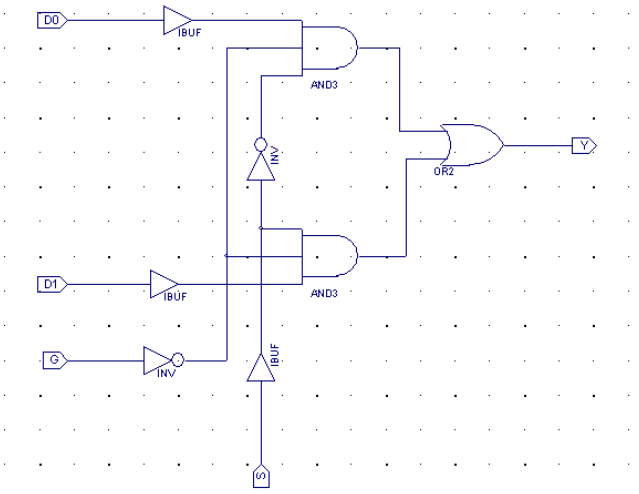
4. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

ใบกิจกรรมที่ 2

ใบกิจกรรมที่ 2 ศึกษาและใช้งาน วงจรมัลติเพรกซ์ และวงจรดีมัลติเพรกซ์

กิจกรรมนี้เป็นการศึกษาและใช้งาน วงจรมัลติเพรกซ์และวงจรดีมัลติเพรกซ์ โดยนักศึกษาจะได้สร้างสรรค์ชิ้นงานบางอย่างในการใช้แนวคิดนี้

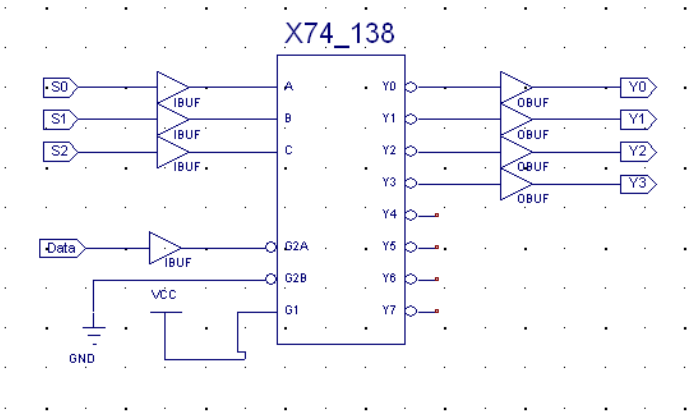
1. วงจรมัลติเพรกซ์



ภาพผนวกที่ ค4 วงจรมัลติเพรกซ์

2. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

3. วงจรดีมัลติเพรกซ์



ภาพผนวกที่ ค5 วงจรดีมีลติเพรกซ์

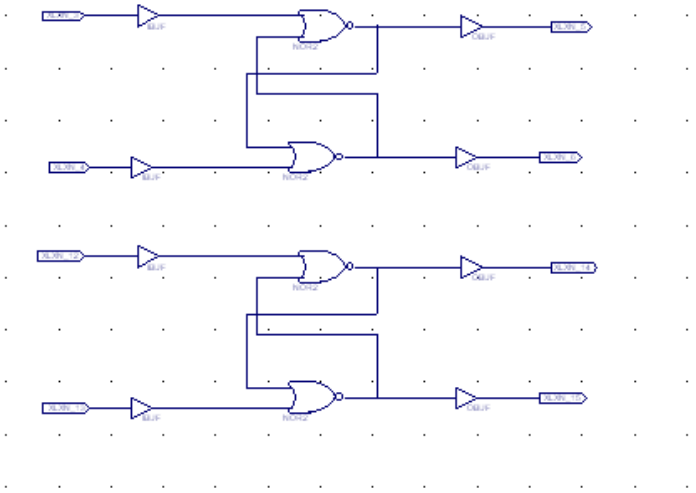
4. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

ใบกิจกรรมที่ 3

ใบกิจกรรมที่ 3 ศึกษาและใช้งานวงจรฟลิบฟลอบ

กิจกรรมนี้เป็นการศึกษาและใช้งาน วงจรฟลิบฟลอบ โดยนักศึกษาจะได้สร้างสรรค์ชิ้นงานบางอย่างในการใช้แนวคิดนี้

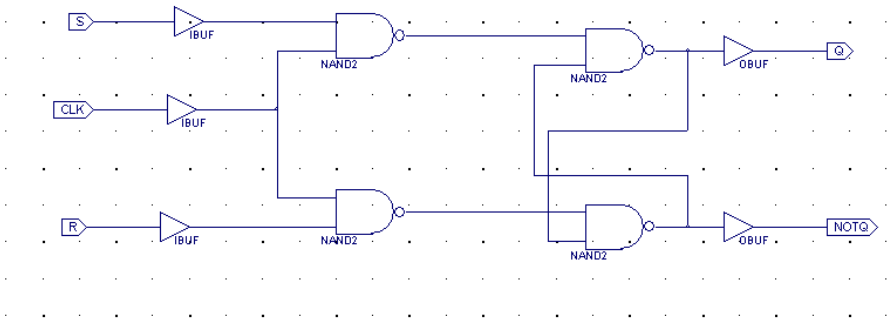
1. วงจรฟลิบฟลอบออร์เกต



ภาพผนวกที่ ค6 วงจรฟลิบฟลอบออร์เกต

2. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

3. ตามวงจรฟลิบฟลอบแอนเกต



ภาพผนวกที่ ค7 วงจรฟลิบฟลอบแอนเกต

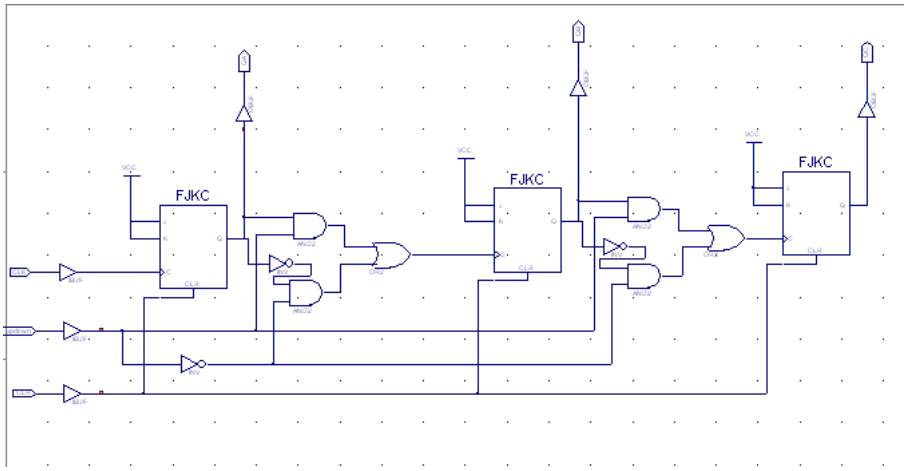
4. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

ใบกิจกรรมที่ 4

ใบกิจกรรมที่ 4 ศึกษาและใช้งานวงจรการนับและวงจรเปรียบเทียบ

กิจกรรมนี้เป็นการศึกษาและใช้งาน วงจรนับและวงจรเปรียบเทียบ โดยนักศึกษาจะได้สร้างสรรค์ชิ้นงานบางอย่างในการใช้แนวคิดนี้

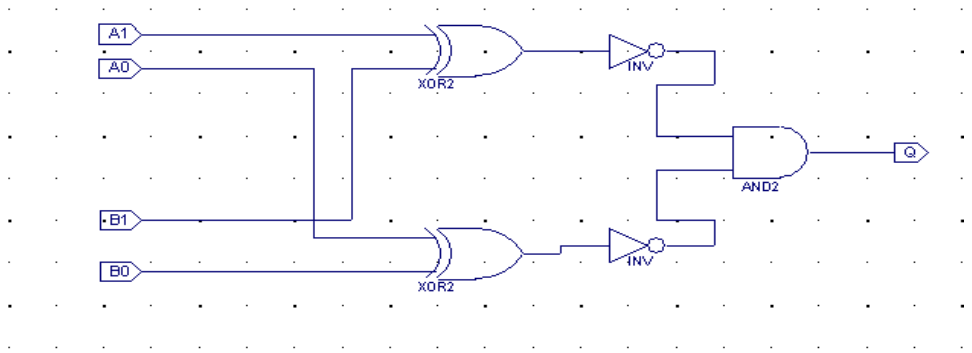
1. วงจรนับ



ภาพผนวกที่ ค8 วงจรนับ

2. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

3. โปรแกรมดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก(บล็อกพฤติกรรม) ตามวงจรเปรียบเทียบดังภาพ



ภาพผนวกที่ ค9 วงจรเปรียบเทียบ

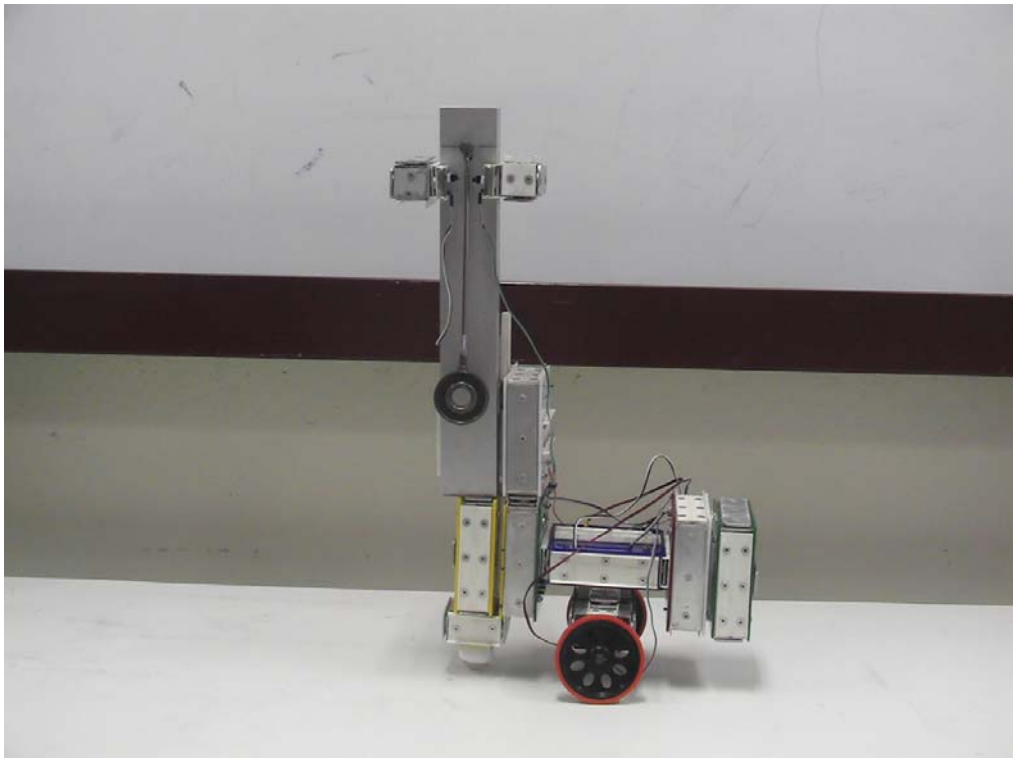
4. ให้นำวงจรนี้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ

ภาคผนวก ง

คู่มือการใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก

คู่มือ

การใช้งานดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก



โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มาทำความรู้จักกับดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์กันเถอะ

เพื่อให้ผู้ศึกษาและทดลองดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก มีความรู้ความเข้าใจในบล็อกต่าง ๆ มีหลักการทำงานอย่างไร และวิธีการเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก เข้าด้วยกันโดยที่ผู้จัดทำแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ลักษณะของดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกต่าง ๆ ที่มีจำนวนทั้งหมด 8 บล็อกและอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ

1.1 ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกต่าง ๆ

1) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B1 (INPUT)
2) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B2 (INPUT)
3) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B3 (INPUT)
4) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B4 (INPUT)
5) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B5 (PROCESS)
6) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B6 (OUTPUT)
7) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B7 (OUTPUT)
8) ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก B8 (OUTPUT)

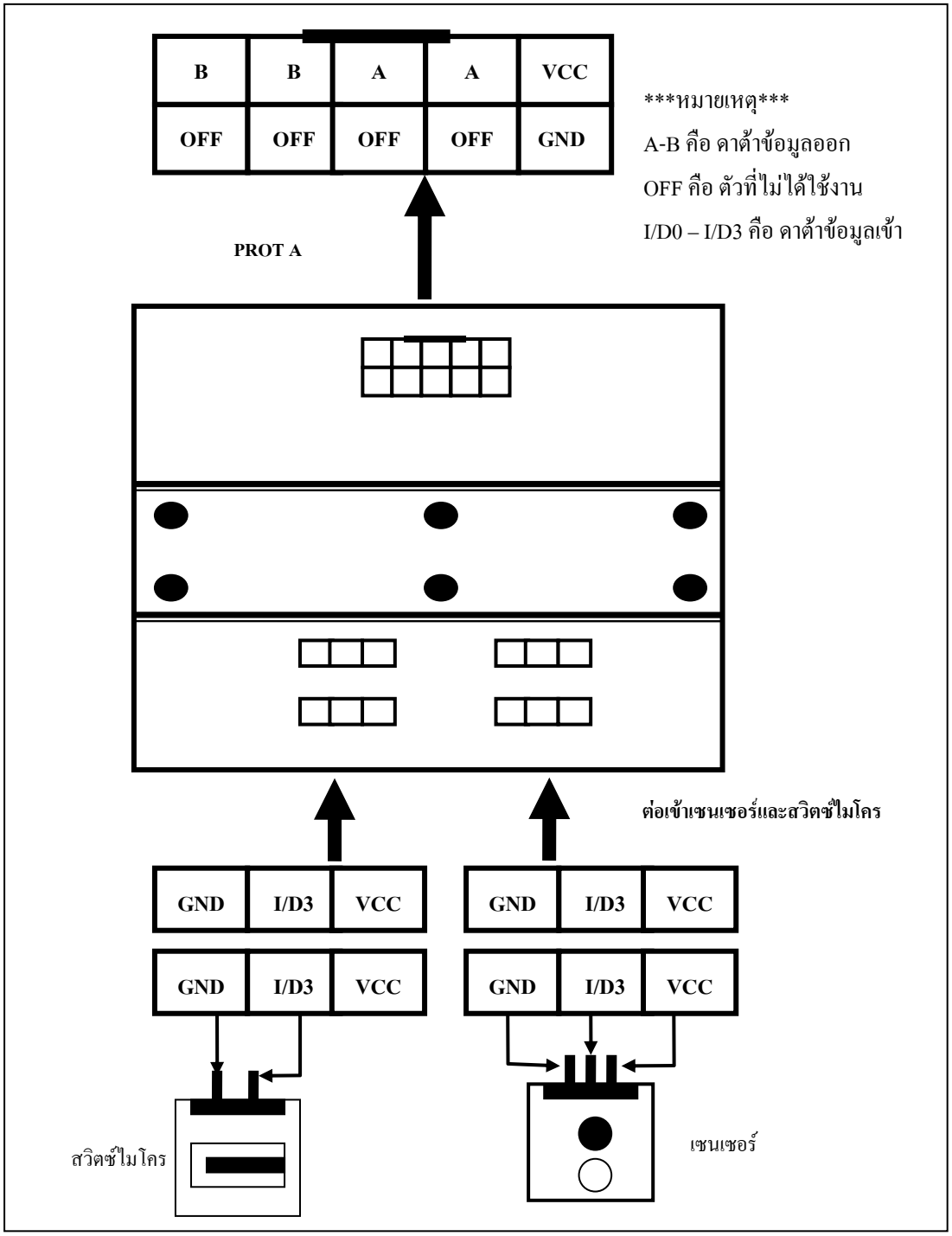
1.2 อุปกรณ์เสริมต่าง ๆ

1) ตัวโหลดโปรแกรมพร้อมสาย จำนวน 1 ชุด
2) LED จำนวน 8 ดวง
3) เซนเซอร์ จำนวน 4 คู่
4) มอเตอร์ DC จำนวน 2 ตัว
5) สวิตซ์ไมโคร จำนวน 4 ตัว
6) สายต่อแบบ 2 รู จำนวน 12 เส้น
7) สายต่อแบบ 3 รู จำนวน 4 เส้น
8) สายต่อแบบ 10 รู จำนวน 5 เส้น
9) สายต่อแหล่งจ่ายไฟ จำนวน 1 เส้น
10) ตัวกล่องแบบแบน จำนวน 3 อัน
11) ตัวต่อกล่องแบบตัว H จำนวน 3 อัน

12) ตัวต่อกล่องแบบเหลี่ยมตรง จำนวน 3 อัน
13) ตัวต่อกล่องแบบเหลี่ยมข้าง จำนวน 3 อัน
14) ล้อแบบอิสระ จำนวน 1 อัน

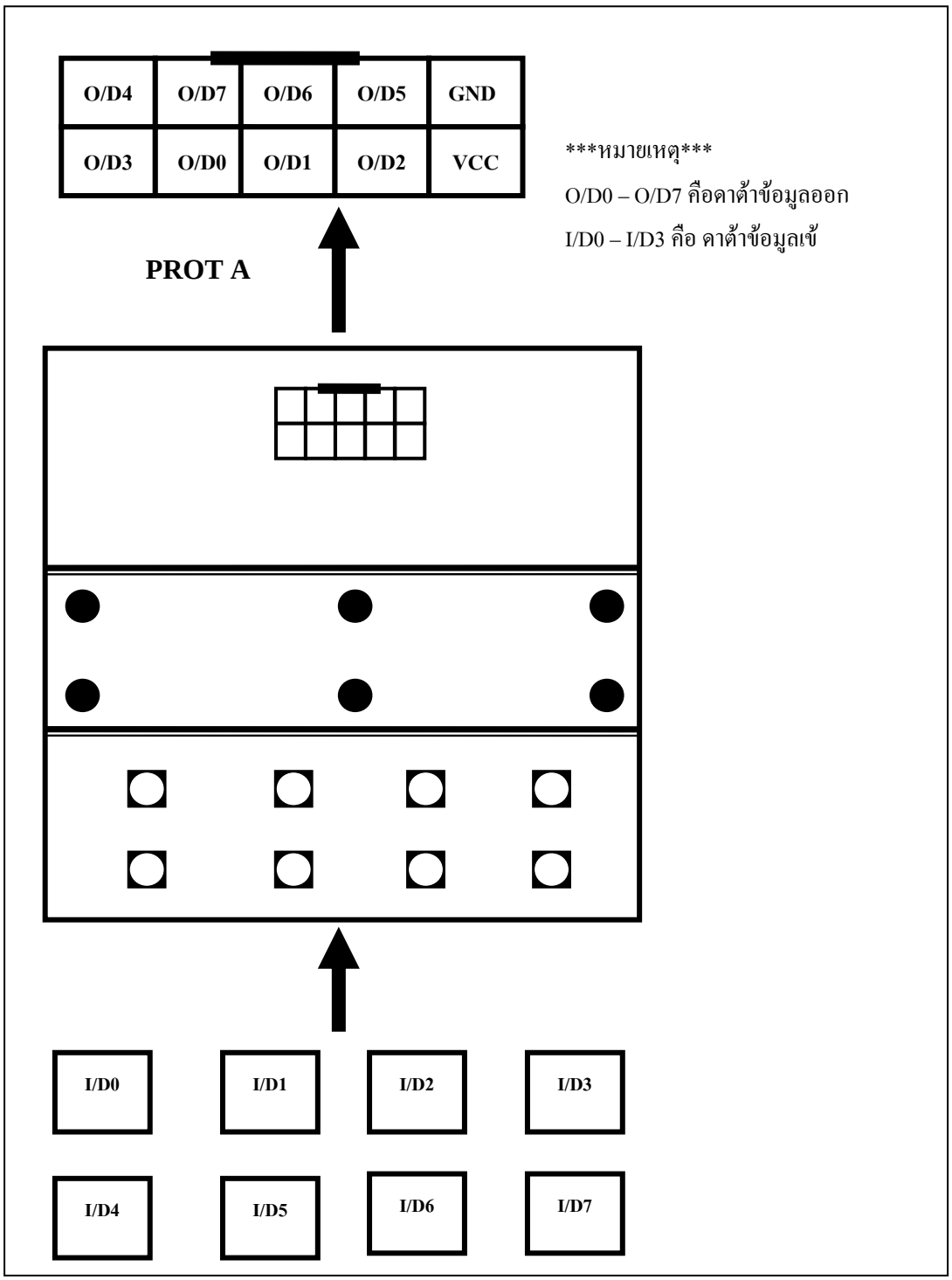
2. รายละเอียดของบล็อกและขาสัญญาณ

2.1 บล็อก B1 บล็อกสีเขียวเป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของเซนเซอร์หรือสวิตช์ไมโคร ได้ทั้งหมด 4 ตัว และวิธีการต่อเซนเซอร์และสวิตช์



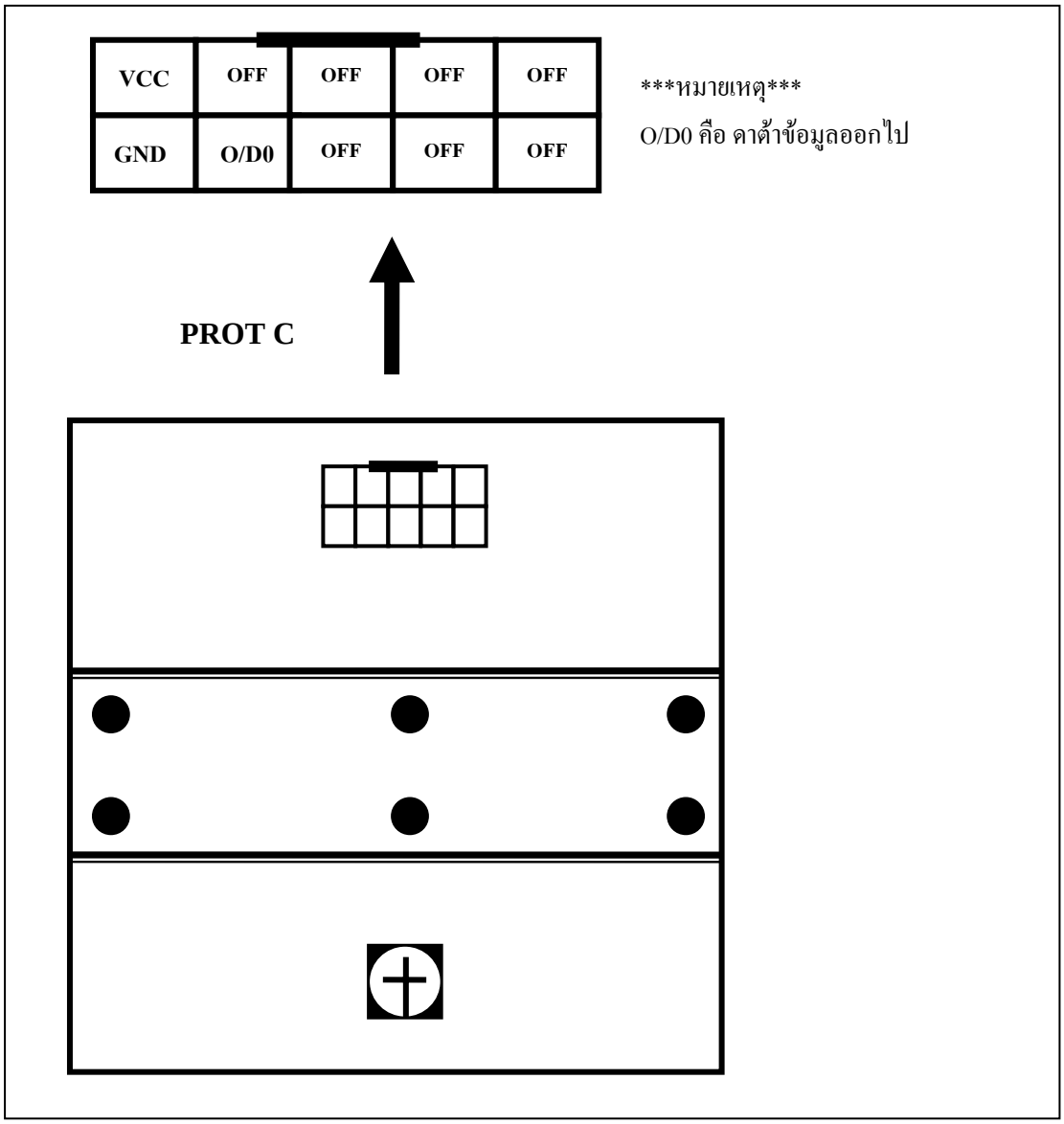
ภาพผนวกที่ ง1 แสดงขาสัญญาณบล็อก B1

2.2 บล็อก B2 บล็อกสีเหลืองเป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของสวิตช์กดติดปล่อยดับ ทั้งหมด 8 ตัว โดยมีตั้งแต่ D7 – D0 แล้วแต่ผู้ใช้จะเลือกใช้งาน



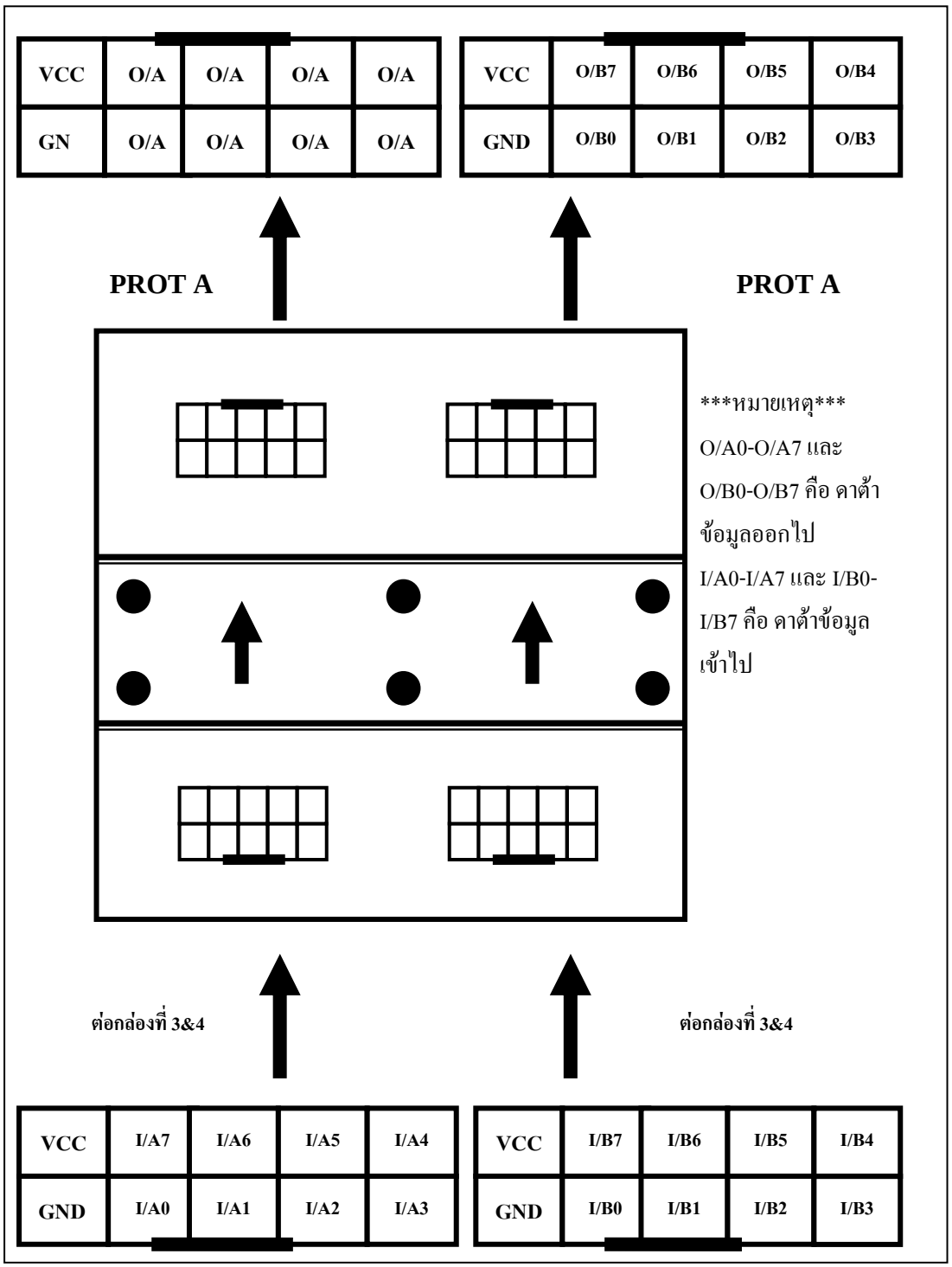
ภาพผนวกที่ ง2 แสดงขาสัญญาณบล็อก B2

2.3 บล็อก B3 บล็อกสีขาวเป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของการส่งสัญญาณนาฬิกาโดยความห่างของสัญญาณนาฬิกาอยู่ที่ประมาณ 1 วินาที



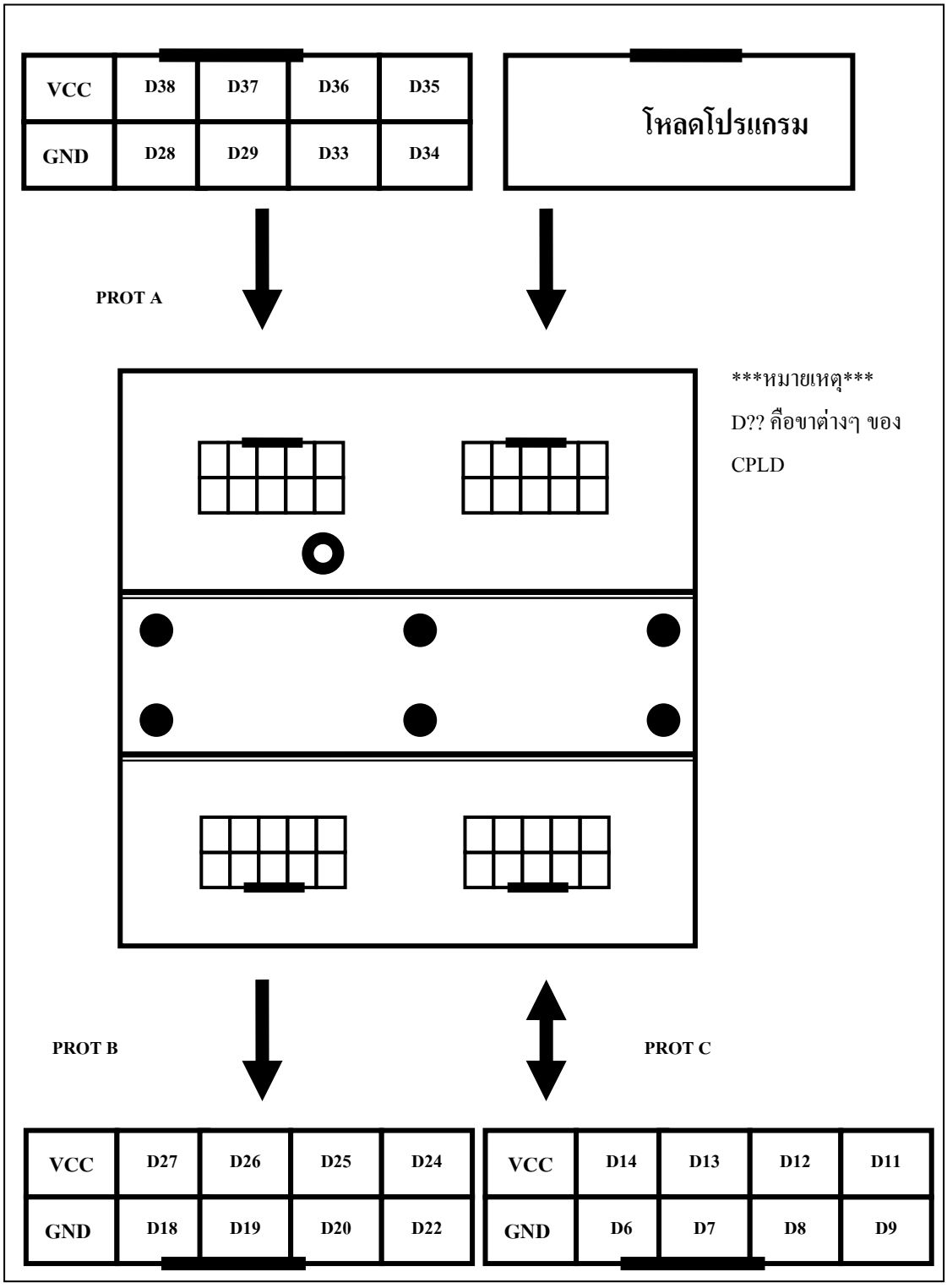
ภาพผนวกที่ ง3 แสดงขาสัญญาณบล็อก B3

2.4 บล็อก B4 บล็อกสีเขียว – แดง เป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของความถี่ของสัญญาณที่เข้าให้มีความคงที่มากที่สุด



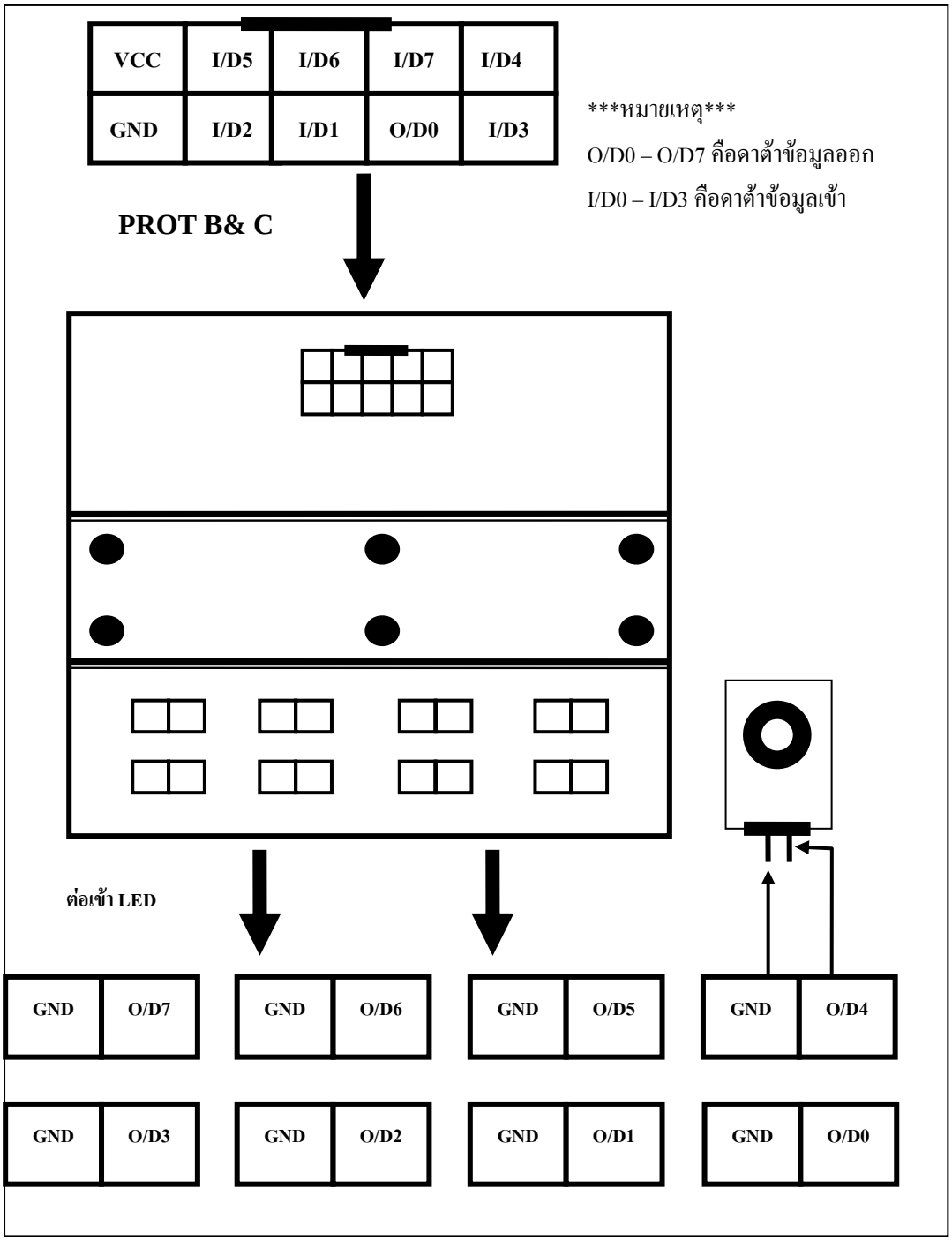
ภาพผนวกที่ ง4 แสดงขาสัญญาณบล็อก B4

2.5 บล็อก B5 บล็อกสีน้ำเงินเป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของ CPLD



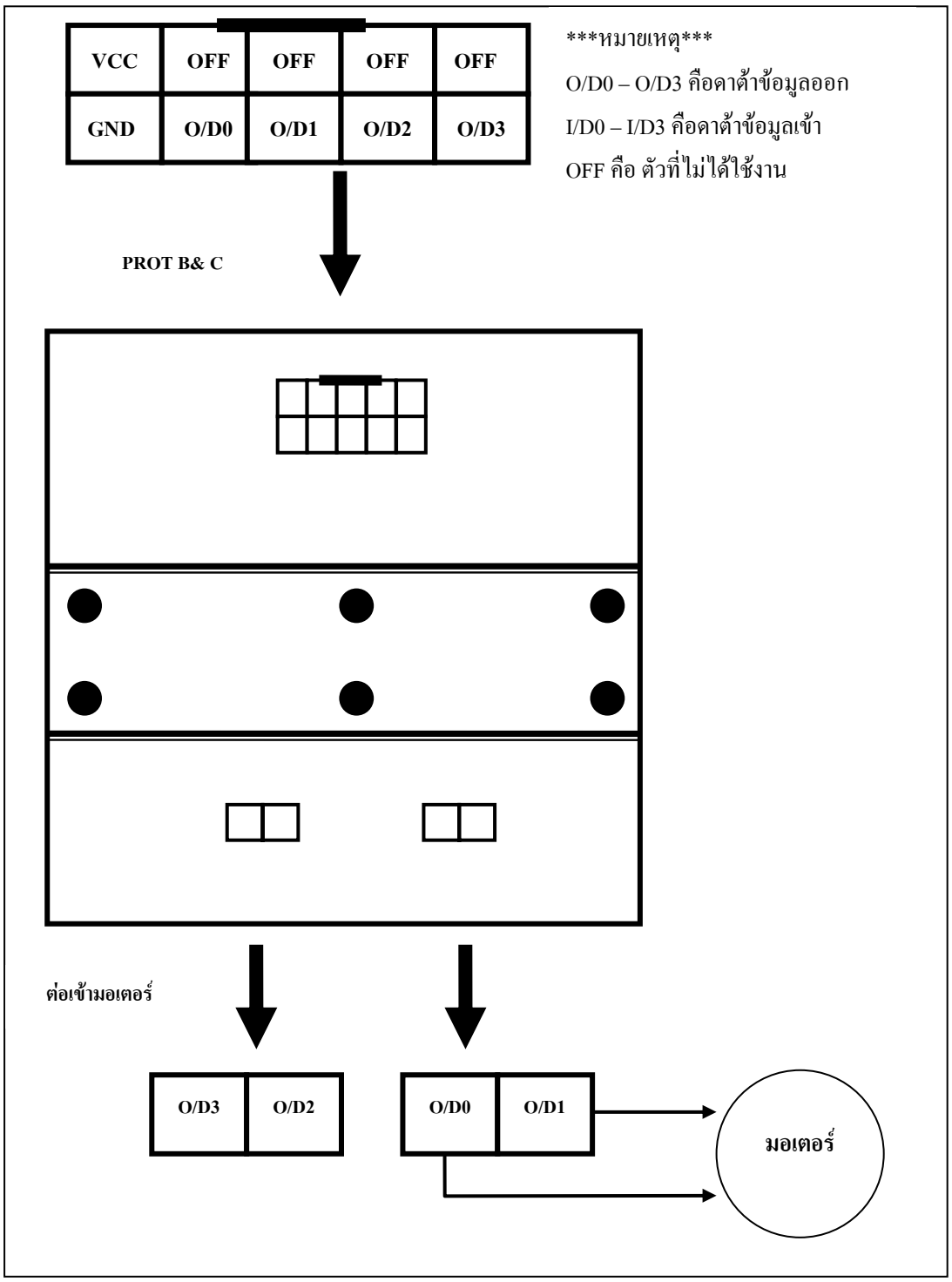
ภาพผนวกที่ ง5 แสดงขาสัญญาณบล็อก B5

2.6 บล็อก B6 บล็อกสีแดง-ขาว เป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของ LED สามารถต่อเข้ากับ LED ได้ทั้งหมด 8 ดวง โดยป้อนสัญญาณให้เข้าขา I/D7-I/D0 เราสามารถจะใช้ LED กี่ดวงก็ได้ตามความต้องการของผู้ใช้



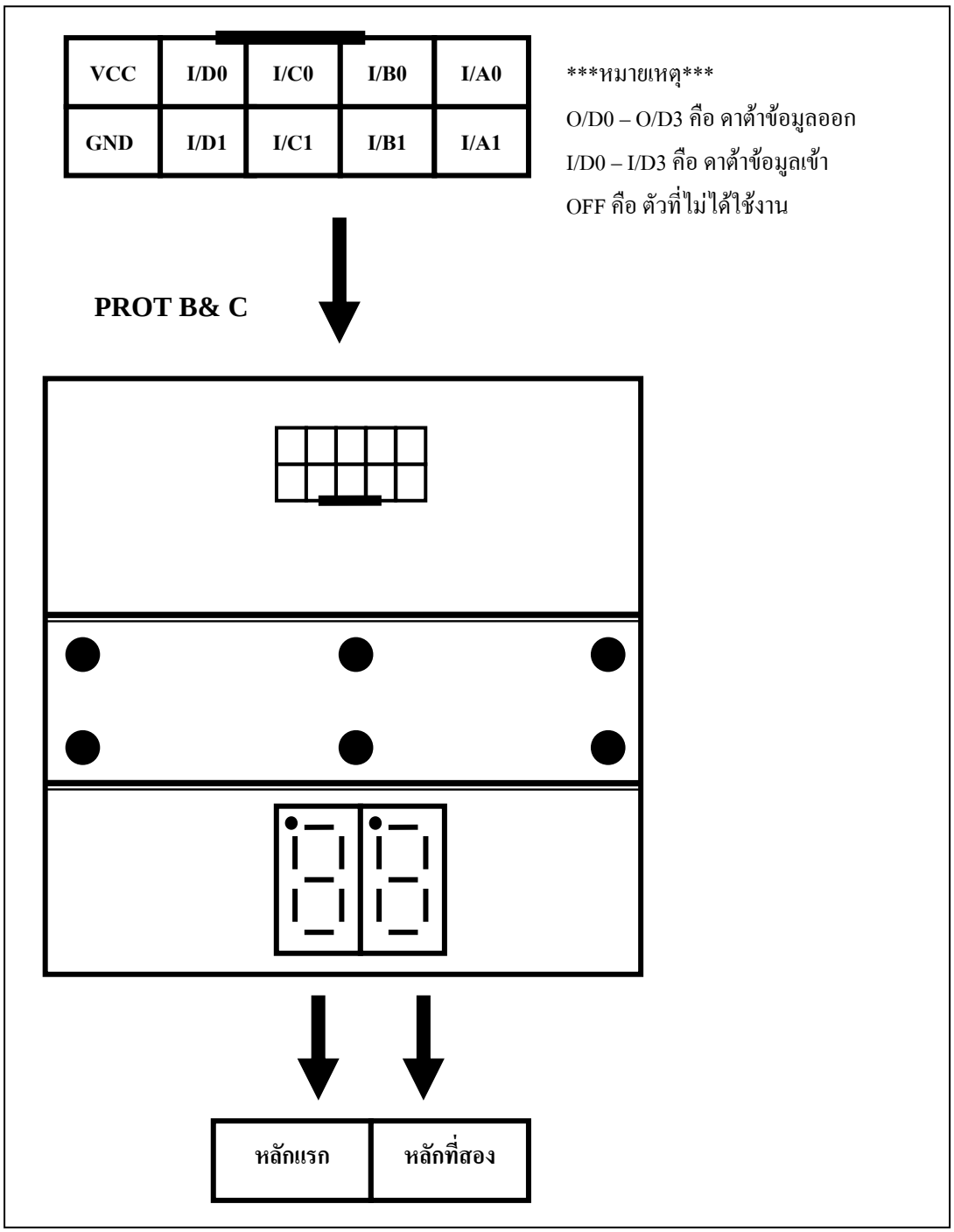
ภาพผนวกที่ ง6 แสดงขาสัญญาณบล็อก B6

2.7 บล็อก B7 บล็อกสีเขียว เป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยกัน 2 ตัว



ภาพผนวกที่ ง7 แสดงขาสัญญาณบล็อก B7

2.8 บล็อก B8 บล็อกสีแดง เป็นบล็อกที่ใช้ในการต่อควบคุมการทำงานของ LED 7’Segment ขนาด 2 หลักด้วยกัน โดยที่ตัวแรกจะมีตั้งแต่ A0-D0 และตัวที่สอง A1-D1



ภาพผนวกที่ ง8 แสดงขาสัญญาณบล็อก B8

ภาคผนวก จ

เครื่องมือวัดและประเมินผล

เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือวัดและประเมินผลในส่วนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย

1. แบบทดสอบมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

2 แบบวัดการแก้ปัญหาโครงงาน

3. แบบบันทึกการแก้ปัญหา

4. แบบการให้คะแนนการแก้ปัญหาโครงงาน ตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

5. แบบประเมินกระบวนการเรียนรู้ร่วมกัน ตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

6. แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน ตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

7. แบบประเมินชิ้นงาน ตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

8. อนุทิน

9. รายงานโครงงาน

ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์

คำแนะนำ: ให้เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วกากบาทในกระดาษคำตอบที่แจกให้และให้เหตุผลในการตอบแต่ละข้อที่เลือกตอบ

1. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับแนวความคิดของการ**เข้ารหัส**
   - ก. การแปลงผันวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆให้เป็นจำนวนตัวเลขรหัสต่างๆ
   - ข. การแปลงผันจำนวนตัวเลขรหัสต่างๆให้เป็นวัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆ
   - ค. การเลือกจำนวนตัวเลขรหัสแบบต่างๆให้เป็นเหตุการณ์หรือวัตถุ
   - ง. การเลือกวัตถุหรือเหตุการณ์ ให้เป็น จำนวนตัวเลขรหัสแบบต่างๆ

2. การ**เข้ารหัส**นิยมนำไปใช้กับงานประเภทใดมากที่สุด
   - ก. การแสดงผลด้วยจอคอมพิวเตอร์
   - ข. การรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด
   - ค. การปริ้นงานจากเครื่องพิมพ์
   - ง. การถ่ายภาพดิจิตอล

3. กิจกรรมใดใกล้เคียงกับการ**เข้ารหัส**
   - ก. การนับวัวที่สนามหญ้า
   - ข. การวิ่งแข่งขัน 100 เมตร
   - ค. การซื้อแตงโม
   - ง. การขายแตงโม

4. โครงงานใดเป็นการใช้แนวคิดการ**เข้ารหัส**ในการทำงาน
   - ก. หุ่นยนต์เดินหน้า 5 วินาทีแล้วหยุด
   - ข. หุ่นยนต์ถอยหลัง 5 วินาทีแล้วหยุด
   - ข. ไฟวิ่งสลับไปมา
   - ง. หุ่นยนต์วิ่งตามเส้น

5. กิจกรรมใดใกล้เคียงแนวคิดการ**ถอดรหัส**
   - ก. การซื้อบัตรชมภาพยนต์
   - ข. การป้อนข้อมูลค่าน้ำประปา
   - ค. ปั่นจักรยาน
   - ง. การชมภาพยนต์

6. กิจกรรมใดในชีวิตประจำวันใกล้เคียงแนวคิดของการ**มัลติเพรกซ์**ที่สุด

ก. การตัดขนมเค็ก

ข. การจับฉลาก

ค. การชมภาพยนต์

ง. การแปลหนังสือ

7. กิจกรรมใดในชีวิตประจำวันใกล้เคียงการทำงานวงจร**ดีมัลติเพรกซ์**ที่สุด

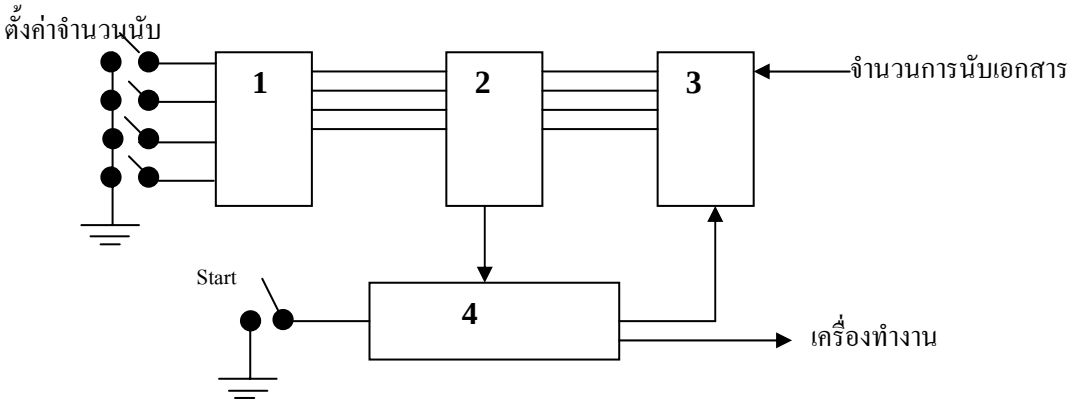
ก. การตัดขนมเค็ก

ข. การจับฉลาก

ค. การชมภาพยนต์

ง. การแปลหนังสือ

8. จากบล็อกไดอะแกรมเป็น**วงจรควบคุมการนับ**เอกสารของเครื่องถ่ายเอกสาร วงจรเปรียบเทียบคือหมายเลขใด



ก. 1

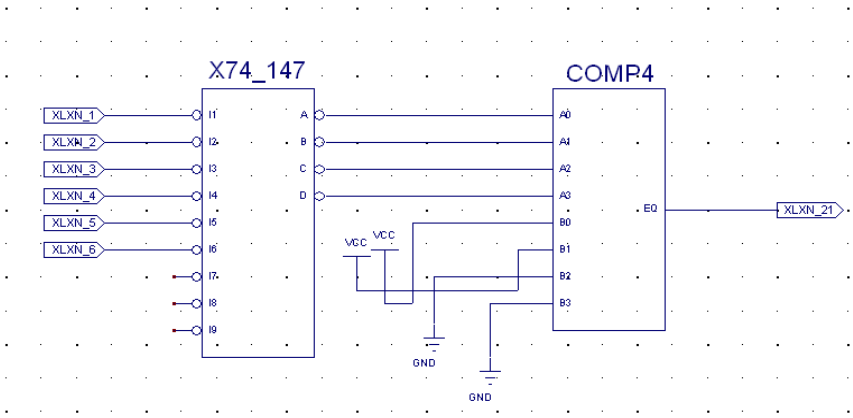
ข. 2

ค. 3

ง. 4

ข้อสอบการแก้ปัญหา

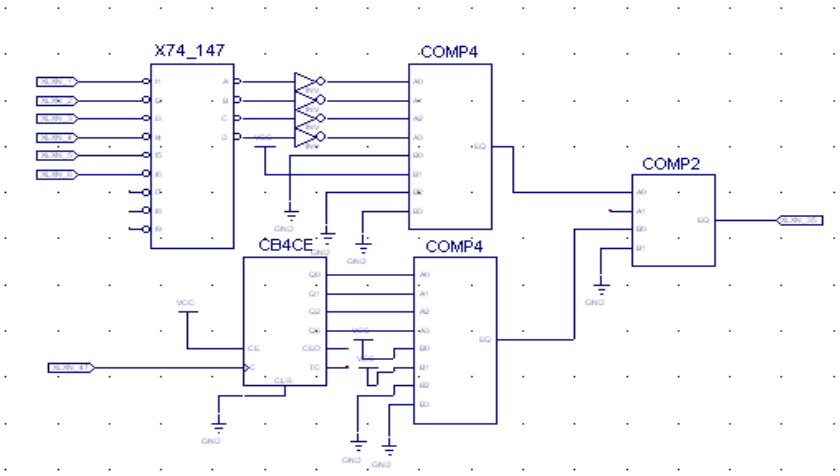
สถานการณ์ที่ 1



ภาพผนวกที่ จ1 วงจรรหัสตู้เซฟ1

กลุ่มที่ 5 ต่อวงจรดังภาพโดยผู้ทดลองตั้งรหัสตู้เซฟคือ รหัสหมายเลข 1 ปรากฏว่าเมื่อป้อนรหัสหมายเลข 1 ไม่สามารถถอดรหัสตู้เซฟได้ ให้พิจารณาจากภาพว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุใด

สถานการณ์ที่ 2



ภาพผนวกที่ จ2 วงจรรหัสตู้เซฟ 2

จากภาพวงจรเป็นวงจรกลุ่มที่ 3 ผู้ทดลองตั้งรหัสเซฟไว้ 2 ผู้ทดลองป้อนรหัสเกิน 3 ครั้ง แต่ไม่สามารถเปิดเซฟได้ ให้พิจารณาว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุใด

สถานการณ์ที่ 3

จากการสร้างชิ้นงานให้เป็นหุ่นยนต์ตามแนวคิดของ Braitenberg หุ่นยนต์ Vehicles1 ของกลุ่มที่ 5 เคลื่อนที่ไปบนพื้นสีขาว(เดินไปข้างหน้าเป็นเส้นตรง)แต่เมื่อพบแถบเส้นสีดำแล้วหุ่นยนต์ไม่ยอมถอยหลังกลับ

โดยตามเงื่อนไขแล้วหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นนี้ เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบแถบเส้นสีดำจะถอยกลับทันที แต่หุ่นยนต์นี้ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการให้พิจารณาว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุใด

สถานการณ์ที่ 4

จากการสร้างชิ้นงานให้เป็นหุ่นยนต์ตามแนวคิดของ Braitenberg หุ่นยนต์ Vehicles2 ของกลุ่มที่ 3 ปรากฏว่าการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปบนพื้นสีขาว(เดินไปข้างหน้าเป็นเส้นตรง)แต่เมื่อพบพื้นสีดำแล้วหุ่นยนต์วนอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ออกจากพื้นสีดำได้

โดยที่ตามเงื่อนไขแล้วหุ่นยนต์เมื่อเซนเซอร์พบพื้นสีดำจะถอยกลับทันที แต่หุ่นยนต์ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการ ให้พิจารณาว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุใด

สถานการณ์ที่ 5

จากการทดลองเชื่อมต่อวงจรนับ 10 โดยเมื่อเชื่อมต่อดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเข้ากับชุดเซ็นเซอร์ และชุดแสดงผล ปรากฏว่าชุดดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไม่สามารถแสดงผลนับได้ ให้นักศึกษาวิเคราะห์หาสาเหตุและวิธีการแก้ปัญหา

สถานการณ์ที่ 6

กลุ่มที่ 1 ตั้งสมมติฐานว่าเมื่อติดเซ็นเซอร์ไว้ที่ประตูทางเข้า-ออก เมื่อมีใครผ่านประตูเข้ามา เซ็นเซอร์จะตรวจจับแล้วส่งผลไปยังเครื่องบันทึกการเข้า-ออกเพื่อให้ทราบจำนวนผู้เข้าออกแต่ปรากฏว่าที่เครื่องบันทึกไม่สามารถบอกได้ว่ามีคนเข้าและออกเท่าไรแต่ทราบจำนวนคนทั้งหมดแต่ไม่ทราบว่าคนเข้ากี่คน คนออกกี่คน ให้นักศึกษาวิเคราะห์สถานการณ์แล้วแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

แบบบันทึกการแก้ปัญหา

คำชี้แจง ให้นักศึกษาอ่านสถานการณ์ปัญหา หาข้อสรุปแล้วเขียนตอบลงในช่องว่างตามแนวความคิดเห็นของตนเองจากข้อ 1-5

1. ปัญหาในสถานการณ์นี้คือ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. สาเหตุของปัญหาในสถานการณ์คือ

……

……

……

……

……

……

3. นักศึกษาคิดว่า จะแก้ปัญหาในสถานการณ์นี้ได้อย่างไรบ้าง

……
……
……
……
……
……

4. จากวิธีการที่นักศึกษาเสนอเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์นี้ คาดว่าผลที่ได้จะเป็นอย่างไร

……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

5. ให้แสดงวิธีการแก้ปัญหาเป็นวิธีการทดลองให้เห็นจริง

……
……
……
……
……
……

แบบประเมินการแก้ปัญหาการทำโครงงานเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

ชื่อนักศึกษา.....

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มฝึกหัด (1 คะแนน)	ขั้นฝึกหัด (2 คะแนน)	ขั้นชำนาญ (3 คะแนน)	ขั้นเชี่ยวชาญ (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น	ไม่สามารถบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้เลย	สามารถบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้เพียง 1ปัญหา	สามารถบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้เพียง 2ปัญหา	สามารถบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้มากกว่า 2 ปัญหา	
2. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา	ไม่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหา	อธิบายรายละเอียดของปัญหาได้เพียง 1-2 สาเหตุ	อธิบายรายละเอียดของปัญหาได้เพียง 3-4 สาเหตุ	อธิบายรายละเอียดของปัญหาได้มากกว่า 4 สาเหตุ	
3. เสนอแนวทางแก้ปัญหาตามข้อมูลและสภาพปัญหา	ไม่สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาได้	เสนอแนวทางแก้ปัญหาได้ได้เพียง 1-2 แนวทาง	เสนอแนวทางแก้ปัญหาได้เพียง 3-4 แนวทาง	เสนอแนวทางแก้ปัญหาได้มากกว่า 4 แนวทาง	
4. เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด	ไม่สามารถเลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติได้	เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติได้แต่ไม่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพกับปัญหา	เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติไม่ค่อยเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ	เลือกแนวทางและวิธีปฏิบัติได้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ	

แบบประเมินการเรียนรู้ร่วมกันตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

ประเมินนักศึกษากลุ่มที่.....

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มต้น (1 คะแนน)	ขั้นพัฒนา (2 คะแนน)	ขั้นทำได้สำเร็จ (3 คะแนน)	ขั้นเป็นแบบอย่าง (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
1. การค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูลก่อนสร้างโครงงาน	ไม่มีการรวบรวมข้อมูลที่สอดคล้องกับหัวข้อโจทย์ปัญหาของกลุ่ม	รวบรวมข้อมูลที่สอดคล้องกับหัวข้อโจทย์ปัญหาของกลุ่มได้บางส่วน	รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ส่วนใหญ่สอดคล้องกับหัวข้อโจทย์ปัญหาของกลุ่ม	รวบรวมข้อมูลที่สอดคล้องกับหัวข้อโจทย์ปัญหาของกลุ่มได้ครบถ้วนครอบคลุม	
2. สืบเสาะหาความรู้ในระหว่างการสร้างโครงงาน	ศึกษาจากตำราไม่มีการสอบถามและพูดคุยกับใคร	ศึกษาจากตำราสอบถามคนอื่นๆ ไม่มีการแลกเปลี่ยนพูดคุยกับใคร	ศึกษาจากตำรามีการสอบถามแลกเปลี่ยนพูดคุยกับคนอื่นๆ	ศึกษาจากตำรามีการสอบถามแลกเปลี่ยนพูดคุยกับคนอื่นๆ แนะนำคนอื่นได้	
3. การแลกเปลี่ยนข้อมูล	ไม่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลของกลุ่ม	มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สอดคล้องกับหัวข้อโจทย์ปัญหาของกลุ่มจำนวนน้อย	มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ส่วนใหญ่สอดคล้องกับหัวข้อโจทย์ปัญหาของกลุ่ม	มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สอดคล้องกับหัวข้อโจทย์ปัญหาอย่างครอบคลุม	
4. การปฏิบัติงาน	ไม่ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มเป็นส่วนน้อย	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มเป็นส่วนใหญ่	ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มอย่างครบถ้วนสมบูรณ์	

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มต้น (1 คะแนน)	ขั้นพัฒนา (2 คะแนน)	ขั้นทำได้สำเร็จ (3 คะแนน)	ขั้นเป็นแบบอย่าง (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
5. การมีส่วนร่วมในการอภิปราย	ไม่มีการอภิปรายแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม	มีอภิปรายแสดงความคิดเห็นเล็กน้อยภายในกลุ่ม	อภิปรายแสดงความคิดเห็นและข้อมูลส่วนน้อยสัมพันธ์กับงานของกลุ่ม	อภิปรายแสดงความคิดเห็นและข้อมูลทั้งหมดสัมพันธ์กับงานของกลุ่ม	
6. การร่วมกันแก้ปัญหาของกลุ่ม	ไม่มีการร่วมมือในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น	มีการร่วมมือกันแก้ปัญหาเพียงเล็กน้อย	มีการร่วมมือการแก้ปัญหาแต่หาข้อสรุปไม่ได้	มีการร่วมมือการแก้ปัญหาและหาข้อสรุปในการแก้ปัญหาได้	
7. การรับฟังทรรศนะจากเพื่อนร่วมกลุ่ม	ภายในกลุ่มมีการพูดตลอดเวลาไม่เปิดโอกาสให้ผู้อื่นแสดงความคิดเห็นต่างคนต่างพูด	ภายในกลุ่มมีการพูดตลอดเวลาเป็นส่วนใหญ่โดยเปิดโอกาสให้ผู้อื่นแสดงความคิดเห็นน้อยมาก	ภายในกลุ่มรับฟังความคิดเห็นของบุคคลอื่นแต่บางครั้งพูดมากเกินความจำเป็น	ภายในกลุ่มมีการรับฟังและพูดแสดงความคิดห็นอย่างถูกต้องและเหมาะสม	
8. การร่วมมือกันผลิตชิ้นงานของสมาชิกร่วมกลุ่ม	สมาชิกแสดงความขัดแย้งกับเพื่อนร่วมกลุ่มเสมอในการผลิตชิ้นงาน	สมาชิกแสดงความขัดแย้งกับเพื่อนร่วมกลุ่มบ้างบางครั้งคราวในการผลิตชิ้นงาน	สมาชิกนานๆจึงจะแสดงความขัดแย้งกับเพื่อนร่วมกลุ่มในการผลิตชิ้นงาน	สมาชิกไม่แสดงความขัดแย้งกับเพื่อนร่วมกลุ่มเลยในการผลิตชิ้นงาน	
9. บรรยากาศการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม	ภายในกลุ่มมีบรรยากาศเคร่งเครียดมากไม่มีการพูดคุยต่างคนต่างทำ	ภายในกลุ่มมีบรรยากาศเคร่งเครียดแต่ยังมีการพูดคุยและร่วมกันทำงานบ้าง	ภายในกลุ่มมีบรรยากาศเป็นกันเองมีการพูดคุยและร่วมกันทำงานมีความขัดแย้งกันบ้าง	ภายในกลุ่มมีบรรยากาศเป็นกันเองมีการพูดคุยและร่วมกันทำงานไม่มีความขัดแย้งกัน	

แบบประเมินกระบวนการปฏิบัติงานตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

ประเมินนักศึกษากลุ่มที่.....

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มต้น (1 คะแนน)	ขั้นพัฒนา (2 คะแนน)	ขั้นทำได้สำเร็จ (3 คะแนน)	ขั้นเป็นแบบอย่าง (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
1. การเลือกใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	การเลือกใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกไม่เหมาะสม	การเลือกใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเหมาะสม	การเลือกใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเหมาะสมและมีความพยายามในการสร้างสรรค์ปรับปรุงแก้ไขสิ่งที่ทำ	การเลือกใช้ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกเหมาะสมและมีการสร้างสรรค์ปรับปรุงแก้ไขสิ่งที่ทำเพื่อให้ชิ้นงานมีเสถียรภาพ	
2. บอกคุณสมบัติและหน้าที่แต่ละบล็อก	สามารถบอกคุณสมบัติและหน้าที่การทำงานแต่ละบล็อกได้น้อยกว่า 50%	บอกคุณสมบัติและหน้าที่การทำงานแต่ละบล็อกได้ 50 %	บอกคุณสมบัติและหน้าที่การทำงานแต่ละบล็อกได้ 80 %	บอกคุณสมบัติและหน้าที่การทำงานแต่ละบล็อกได้ครบทุกบล็อก 100%	
3. ความเข้าใจระบบการออกแบบ	ไม่สามารถอธิบายระบบต่างๆในการออกแบบ	สามารถอธิบายระบบได้เพียงระบบเดียว	สามารถอธิบายระบบได้ 2 ระบบ	สามารถอธิบายระบบได้ 3 ระบบ	

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มต้น (1 คะแนน)	ขั้นพัฒนา (2 คะแนน)	ขั้นทำได้สำเร็จ (3 คะแนน)	ขั้นเป็นแบบอย่าง (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
4. การเชื่อมต่อแต่ละบล็อกให้ทำงานตามที่ต้องการ	สามารถเชื่อมต่อแต่ละบล็อกให้ทำงานได้เพียงอินพุทและโปรเซส หรือโปรเซสกับอินพุท	สามารถเชื่อมต่อบล็อกเพียงพื้นฐานของระบบที่ออกแบบประกอบไปด้วยอินพุท โปรเซส เอ้าท์พุท	สามารถเชื่อมต่อบล็อกได้ทุกบล็อกอีกทั้งสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆได้ (LED Senser Motor)	สามารถเชื่อมต่อบล็อกทุกบล็อกและสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ พร้อมทั้งนำไปใช้ในลักษณะที่นอกรูปแบบได้	
5. การเชื่อมต่อวงจรในการใช้งานของดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อก	ไม่สามารถเชื่อมต่อวงจรภายในที่มีมากกว่า 1 วงจร	มีความสามารถเชื่อมต่อวงจรได้มากกว่า 1 วงจร	มีความสามารถเชื่อมต่อวงจรได้มาก2-3 วงจรและสร้างวงจรใหม่เพิ่มเติมได้	มีความสามารถเชื่อมต่อวงจรได้มากกว่า 3 วงจรและสร้างวงจรใหม่เพิ่มเติมได้	
6. การนำเสนอผลงาน	การนำเสนอขาดความพร้อมและนำเสนอสับสน	การนำเสนอมีความพร้อมนำเสนอสับสน	การนำเสนอมีความพร้อมการนำเสนอไม่มีความสับสนรูปแบบการนำเสนอไม่น่าสนใจ	การนำเสนอมีความพร้อม การนำเสนอไม่มีความสับสนรูปแบบการนำเสนอน่าสนใจ	
7. ความสามารถประยุกต์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการสร้างชิ้นงานใหม่	สามารถประยุกต์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการสร้างชิ้นงานใหม่(ไม่มีวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์)	สามารถประยุกต์ดิจิตอล อิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการสร้างชิ้นงานใหม่เพียงระดับพื้นฐาน (มีวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์เป็นเกตพื้นฐาน)	สามารถประยุกต์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการสร้างชิ้นงานใหม่ระดับกลาง (มีวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ไม่ซับซ้อน)	สามารถประยุกต์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์บล็อกในการสร้างชิ้นงานใหม่ระดับสูง (มีวงจรดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ซับซ้อน)	

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มต้น (1 คะแนน)	ขั้นพัฒนา (2 คะแนน)	ขั้นทำได้สำเร็จ (3 คะแนน)	ขั้นเป็นแบบอย่าง (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
8. ความสามารถในการแก้ปัญหา	สามารถบอกสาเหตุปัญหาที่เกิดขึ้น 1-2 สาเหตุไม่สามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาได้และไม่สามารถแก้ปัญหาได้	สามารถบอกสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น 3 สาเหตุขึ้นไปสามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาแต่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้	สามารถบอกสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น 3 สาเหตุขึ้นไปสามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาสามารถแก้ปัญหาได้แต่ใช้เวลานาน	สามารถบอกสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น 3 สาเหตุขึ้นไปสามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาสามารถแก้ปัญหาได้แต่ใช้เวลารวดเร็ว	

แบบประเมินชิ้นงาน ตามเกณฑ์ Scoring Rubrics

ประเมินนักศึกษากลุ่มที่.....

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มต้น (1 คะแนน)	ขั้นพัฒนา (2 คะแนน)	ขั้นทำได้สำเร็จ (3 คะแนน)	ขั้นเป็นแบบอย่าง (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
1.การออกแบบสอดคล้องกับเป้าหมาย	การออกแบบไม่สอดคล้องกับเป้าหมาย	การออกแบบสอดคล้องค่อนข้างน้อยกับเป้าหมาย	การออกแบบสอดคล้องกับเป้าหมาย การทำงานไม่สมบูรณ์	การออกแบบสอดคล้องกับเป้าหมาย การทำงานสมบูรณ์	
2.การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งาน	การออกแบบไม่เหมาะสมกับการใช้งาน	การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งานค่อนข้างน้อย	การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งานตรงตามหลักวิชาการการทำงานไม่สมบูรณ์	การออกแบบเหมาะสมกับการใช้งานตรงตามหลักวิชาการการทำงานสมบูรณ์	
3. การทำงานตามหน้าที่ (Function) ของชิ้นงาน	ชิ้นงานทำงานตามหน้าที่ได้เพียง หน้าที่เดียว	ชิ้นงานทำงานตามหน้าที่ได้ 2 หน้าที่	ชิ้นงานทำงานตามหน้าที่ได้ 3 หน้าที่	ชิ้นงานทำงานตามหน้าที่ได้ 4 หน้าที่ขึ้นไป	
4. ความแปลกใหม่	ไม่มีความแปลกใหม่	มีความแปลกใหม่ค่อนข้างน้อย	มีความแปลกใหม่ต่อวงการวิชาการ	มีความแปลกใหม่ต่อวงการวิชาการและสามารถพัฒนาต่อได้	
5. ชิ้นงานมีความสอดคล้องกันระหว่างสภาพแวดล้อมกับคุณลักษณะของชิ้นงาน	ไม่มีความสอดคล้องกันระหว่างสภาพแวดล้อมกับคุณลักษณะของชิ้นงาน	มีความสอดคล้องกันระหว่างชิ้นงานกับคุณลักษณะของชิ้นงานค่อนข้างน้อย	มีความสอดคล้องกันระหว่างสภาพแวดล้อมกับคุณลักษณะของชิ้นงานแสดงการเชื่อมต่อไม่ชัดเจน	มีความสอดคล้องกันระหว่างสภาพแวดล้อมกับคุณลักษณะของชิ้นงานแสดงความชัดเจนของการเชื่อมต่อและง่ายต่อการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหา	

หัวข้อการประเมิน	ขั้นเริ่มต้น (1 คะแนน)	ขั้นพัฒนา (2 คะแนน)	ขั้นทำได้สำเร็จ (3 คะแนน)	ขั้นเป็นแบบอย่าง (4 คะแนน)	คะแนนที่ได้
6. ความเหมาะสมความปลอดภัยและความแข็งแรงในการใช้งาน	ไม่มีความเหมาะสมและความปลอดภัยของชิ้นงาน	มีความเหมาะสมค่อนข้างน้อยในการใช้งานและไม่มีความปลอดภัยของชิ้นงาน	มีความเหมาะสมในการใช้งานมีความปลอดภัยความแข็งแรงต่อการใช้งานค่อนข้างน้อย	มีความเหมาะสมมีความปลอดภัยและมีความแข็งแรงต่อการใช้งาน	
7. ความสวยงาม	ไม่มีความสวยงาม	มีความสวยงามค่อนข้างน้อย	มีความสวยงามที่แสดงออกถึงความเข้าใจในความงามของผู้ออกแบบ	มีความสวยงามที่แสดงออกถึงความเข้าใจในความงามและความลึกซึ้งของผู้ออกแบบ	
8. คุณภาพของชิ้นงาน	คุณภาพของชิ้นงานยังต้องมีการปรับปรุงไม่สอดคล้องกับโจทย์ปัญหา	คุณภาพของชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้สอดคล้องกับโจทย์ปัญหาบ้างบางประเด็น	คุณภาพของชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์ดีสอดคล้องกับโจทย์ปัญหา	คุณภาพของชิ้นงานอยู่ในเกณฑ์ดีมากสอดคล้องกับโจทย์ปัญหา	
9. การคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ของการเรียนรู้	ไม่มีการคิดนอกรูปแบบหรือมุมมองใหม่ต่อการเรียนรู้	มีการคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ต่อการเรียนรู้เพียงเล็กน้อย	มีการคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ต่อการเรียนรู้ได้หลากหลาย	มีการคิดนอกรูปแบบและมุมมองใหม่ต่อการเรียนรู้ได้หลากหลายและสามารถเสนอมุมมองใหม่ในการเรียนรู้ในอนาคตได้	

อนุทิน

ชื่อ-นามสกุล……..วันที่……

วิชา……หัวข้อ……..

ความรู้ที่ได้รับสำหรับวันนี้

……

……

……

……

……

……

ปัญหาที่พบและวิธีการแก้ไขปัญหา

……

……

……

……

……

……

ความรู้สึกและข้อเสนอแนะอื่นๆ

……

……

……

……

……

……

รายงานโครงงาน

ชื่อกลุ่ม……..วันที่…….
ชื่อโครงงาน…… หัวข้อ…….

1. หลักการเหตุผลและการออกแบบก่อนทำโครงงาน

……
……
……
……
……
……

2. วิวัฒนาการทางความคิดระหว่างการทำโครงงาน

……
……
……
……
……
……

3. ความสำเร็จของโครงงาน

……
……
……
……
……

ภาคผนวก ฉ

ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษา

ตารางผนวกที่ ฉ1 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 1

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✓
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✗	✓
มัลติเพรก	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✓
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✓	✓
	24	✓	✓
	25	✗	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✓
	34	✗	✓
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✓
	45	✗	✓
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✗	✓
	50	✓	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✓
	53	✗	✓
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✗
	57	✗	✓
	58	✓	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 31 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 49 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ2 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 2

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✓
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✓	✓
	13	✗	✓
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✗	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✓
	23	✓	✓
	24	✗	✗
	25	✗	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✗	✓
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✗	✓
	34	✓	✓
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✓
	39	✗	✗
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✗	✓
	44	✓	✓
	45	✗	✓
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✓	✓
	49	✓	✓
	50	✓	✓
	51	✓	✓
	52	✓	✓
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✗
	57	✓	✓
	58	✓	✓
	59	✓	✓
	60	✓	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 30 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 50 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ3 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 3

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✓	✓
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✓
	15	✗	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✓	✓
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✓
	23	✓	✓
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✗	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✓
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✓
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✗	✓
	50	✓	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✓
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✗	✗
	56	✗	✗
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 30 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 48 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ4 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 4

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✓	✓
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✓	✓
	13	✗	✓
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✓
	20	✓	✓
วงจร	21	✗	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✗	✗
	34	✓	✓
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✗
	39	✓	✗
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✗	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✗	✗
	51	✗	✗
	52	✓	✓
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✓
	57	✓	✓
	58	✓	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 30 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 50 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ5 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 5

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจรถอดรหัส	6	✓	✓
	7	✗	✓
	8	✗	✓
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจรมัลติเพรก	11	✗	✓
	12	✓	✓
	13	✗	✓
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจรดีมัลติเพรก	16	✓	✓
	17	✓	✓
	18	✗	✓
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจรเปรียบเทียบ	21	✓	✓
	22	✗	✗
	23	✓	✓
	24	✓	✓
	25	✗	✓
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✗	✓
	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✗	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✗	✓
	32	✗	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✓
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✓
	39	✓	✓
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์โครงงาน	46	✗	✓
	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✓	✓
	51	✗	✓
	52	✗	✓
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 30 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 50 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ6 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 6

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจรถอดรหัส	6	✓	✓
	7	✓	✓
	8	✗	✓
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจรมัลติเพรก	11	✓	✓
	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจรดีมัลติเพรก	16	✓	✓
	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจรเปรียบเทียบ	21	✗	✗
	22	✗	✗
	23	✓	✓
	24	✓	✓
	25	✓	✓
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✓	✓
	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✗	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✓	✓
	32	✗	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✓	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✓
	38	✗	✓
	39	✓	✓
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์โครงงาน	46	✓	✓
	47	✓	✓
	48	✗	✓
	49	✗	✗
	50	✗	✗
	51	✗	✓
	52	✓	✓
	53	✗	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 29 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 44 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ7 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 7

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✓
	3	✗	✓
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✓
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✓
	15	✗	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✓	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✓
	23	✓	✓
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✓
	34	✗	✓
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✓
	39	✓	✓
	40	✗	✓
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✓	✓
	49	✓	✓
	50	✗	✗
	51	✗	✓
	52	✓	✓
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✓	✓
	60	✓	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 29 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 50 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ8 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 8

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจรถอดรหัส	6	✓	✓
	7	✓	✓
	8	✗	✓
	9	✗	✗
	10	✓	✓
วงจรมัลติเพรก	11	✓	✓
	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจรดีมัลติเพรก	16	✗	✓
	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจรเปรียบเทียบ	21	✗	✗
	22	✓	✓
	23	✓	✓
	24	✓	✓
	25	✗	✗
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✗	✗
	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✓	✓
	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✗	✗
	43	✗	✗
	44	✓	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์โครงงาน	46	✓	✓
	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✓	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✗
	53	✗	✗
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 29 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 35 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ9 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 9

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✗	✗
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✓	✓
วงจร	11	✗	✗
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✓	✓
	15	✓	✓
วงจร	16	✗	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✓
	19	✓	✓
	20	✓	✓
วงจร	21	✗	✗
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✓	✓
	24	✓	✓
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✓
	38	✗	✗
	39	✗	✗
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✓	✓
	48	✗	✗
	49	✗	✗
	50	✗	✗
	51	✓	✓
	52	✓	✓
	53	✗	✓
	54	✗	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✗
	57	✗	✗
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 29 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 34 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ10 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 10

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✓
	3	✗	✗
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✗	✗
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✓	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✓
	24	✓	✓
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✗	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✗
	39	✗	✗
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✓	✓
	49	✗	✗
	50	✗	✗
	51	✗	✓
	52	✓	✓
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✗
	57	✗	✗
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 29 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 35 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ11 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 11

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✓	✓
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✓	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✓
	41	✓	✓
	42	✗	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✓	✓
	51	✗	✗
	52	✓	✓
	53	✗	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 28 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 41 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ12 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 12

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✓	✓
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✗	✓
	37	✓	✓
	38	✓	✓
	39	✗	✗
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✗	✗
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✓	✓
	51	✗	✓
	52	✗	✗
	53	✓	✓
	54	✗	✓
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✓	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 28 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 37 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ13 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 13

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✗	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✓
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✗	✗
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✓	✓
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✓
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✓
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✗
	49	✓	✓
	50	✓	✓
	51	✗	✓
	52	✓	✓
	53	✗	✗
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✓
	57	✓	✓
	58	✓	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 28 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 36 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ14 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 14

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✓
	3	✗	✗
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✗	✗
	8	✗	✓
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✓
วงจร	16	✗	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✓	✓
	24	✓	✓
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✗	✓
	37	✓	✓
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✗	✗
	44	✗	✗
	45	✗	✓
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✓	✓
	48	✗	✗
	49	✓	✓
	50	✗	✓
	51	✗	✓
	52	✓	✓
	53	✗	✗
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✓	✓
	57	✓	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 28 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 39 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ15 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 15

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✗	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✗	✗
	8	✓	✓
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✗	✗
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✓	✓
	14	✓	✓
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✗	✗
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✓
	24	✓	✓
	25	✗	✗
วงจร	26	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✓	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✗	✓
	44	✓	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✗	✗
	50	✓	✓
	51	✗	✗
	52	✓	✓
	53	✓	✓
	54	✗	✓
	55	✗	✗
	56	✗	✗
	57	✓	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✓	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 28 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 38 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ16 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 16

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✗
	3	✗	✗
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✗	✗
ถอดรหัส	7	✗	✗
	8	✓	✓
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✓	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✗	✗
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✓	✓
	49	✗	✗
	50	✓	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✓
	53	✓	✓
	54	✗	✗
	55	✗	✗
	56	✗	✗
	57	✓	✓
	58	✓	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 27 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 29 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ17 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 17

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจรถอดรหัส	6	✗	✓
	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✓	✓
	10	✓	✗
วงจรมัลติเพรก	11	✓	✓
	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจรดีมัลติเพรก	16	✗	✗
	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจรเปรียบเทียบ	21	✓	✓
	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✓	✓
	27	✗	✗
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✗	✗
	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✓	✓
	38	✓	✓
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✗	✗
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์โครงงาน	46	✓	✓
	47	✓	✓
	48	✗	✗
	49	✗	✗
	50	✓	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✗
	53	✗	✗
	54	✗	✗
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✓	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 31 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 49 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ18 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 18

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✗
	3	✗	✗
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✓
	10	✗	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✓	✓
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✓	✓
	29	✓	✓
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✓
	38	✓	✓
	39	✗	✗
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✗	✓
	43	✗	✗
	44	✗	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✗	✓
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✓	✓
	49	✗	✗
	50	✗	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✗
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 26 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 38 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ19 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 19

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✗
	3	✗	✗
	4	✓	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✓	✓
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✗	✗
	44	✓	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✗
	49	✓	✓
	50	✗	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✗
	53	✓	✓
	54	✗	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✗
	57	✗	✗
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 26 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 33 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ20 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 20

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✗	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✓	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✓	✓
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✓
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✓	✓
	49	✗	✓
	50	✗	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✗
	53	✓	✓
	54	✗	✓
	55	✗	✓
	56	✓	✓
	57	✓	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 26 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 34 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ21 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 21

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจรถอดรหัส	6	✓	✓
	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจรมัลติเพรก	11	✓	✓
	12	✗	✓
	13	✗	✓
	14	✗	✓
	15	✗	✓
วงจรดีมัลติเพรก	16	✓	✓
	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✓
วงจรเปรียบเทียบ	21	✗	✗
	22	✗	✗
	23	✓	✓
	24	✗	✗
	25	✗	✓
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✓	✓
	27	✓	✓
	28	✗	✗
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✓	✓
	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✓	✓
	43	✗	✗
	44	✗	✗
	45	✓	✓
สถานการณ์โครงงาน	46	✗	✓
	47	✓	✓
	48	✗	✗
	49	✓	✓
	50	✗	✗
	51	✗	✗
	52	✓	✓
	53	✗	✗
	54	✗	✗
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✓	✓
	58	✓	✓
	59	✓	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 25 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 34 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ22 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 22

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✓	✓
	20	✓	✓
วงจร	21	✗	✗
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✓	✓
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✗	✓
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✗	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✓	✓
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✗
	49	✗	✓
	50	✓	✓
	51	✗	✓
	52	✓	✗
	53	✗	✓
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✗
	57	✗	✗
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 22 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 33 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ23 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 23

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✗	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✓
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✓
	23	✗	✓
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✗	✗
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✓	✓
	34	✓	✓
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✗	✗
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✗	✗
	43	✗	✗
	44	✓	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✓	✓
	49	✗	✗
	50	✗	✓
	51	✗	✓
	52	✓	✓
	53	✗	✓
	54	✗	✓
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 31 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 49 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ24 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 24

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✗	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✗	✗
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✓	✓
	14	✗	✓
	15	✗	✗
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✓
	25	✓	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✗
	33	✗	✓
	34	✗	✗
	35	✓	✗
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✗	✗
	38	✓	✓
	39	✗	✗
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✗	✗
	43	✗	✓
	44	✓	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✓	✓
	51	✗	✗
	52	✗	✗
	53	✗	✗
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 20 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 31 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ25 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 25

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✗	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✗	✗
	38	✗	✓
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✓
สถานการณ์	46	✗	✓
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✗
	49	✓	✓
	50	✗	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✓
	53	✓	✓
	54	✗	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✗
	57	✗	✗
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 20 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 32 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ26 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 26

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✗	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✗	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✗	✓
มัลติเพรก	12	✗	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✓
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✓	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✓	✓
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✗	✗
	38	✗	✓
	39	✓	✓
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✗	✗
	43	✓	✓
	44	✗	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✓	✓
	48	✓	✓
	49	✗	✗
	50	✗	✗
	51	✓	✓
	52	✗	✓
	53	✗	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 19 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 31 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ27 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 27

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✓
	4	✗	✓
	5	✓	✓
วงจรถอดรหัส	6	✓	✓
	7	✓	✓
	8	✗	✓
	9	✗	✓
	10	✗	✓
วงจรมัลติเพรก	11	✗	✓
	12	✗	✓
	13	✗	✓
	14	✗	✓
	15	✗	✓
วงจรดีมัลติเพรก	16	✓	✓
	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจรเปรียบเทียบ	21	✗	✗
	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✓	✓
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✓	✓
	27	✓	✓
	28	✗	✗
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✓	✓
	32	✗	✓
	33	✗	✗
	34	✓	✓
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✗	✓
	43	✗	✗
	44	✓	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์โครงงาน	46	✗	✗
	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✗	✓
	50	✗	✗
	51	✗	✗
	52	✗	✓
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✗
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 19 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 28 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ28 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 28

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✗	✗
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✗	✗
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✓
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✗	✓
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✓	✓
	34	✗	✗
	35	✗	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✗	✗
	43	✓	✓
	44	✓	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✓	✓
	49	✓	✓
	50	✗	✓
	51	✗	✓
	52	✗	✗
	53	✓	✓
	54	✓	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 19 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 28 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ29 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 29

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✗	✗
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✗	✗
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✓	✓
	23	✓	✓
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✗	✓
	40	✓	✓
	41	✓	✓
	42	✗	✗
	43	✗	✗
	44	✗	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✗	✓
	51	✗	✗
	52	✗	✓
	53	✓	✓
	54	✗	✓
	55	✗	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 18 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 26 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ30 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 30

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✗	✗
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✓	✓
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✓
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✓	✓
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✗	✓
	44	✗	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✓
	48	✗	✓
	49	✓	✓
	50	✗	✗
	51	✗	✗
	52	✓	✓
	53	✗	✓
	54	✗	✓
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✓	✓
	58	✗	✗
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 31 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 49 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ31 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 31

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจรถอดรหัส	6	✓	✓
	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✗	✗
วงจรมัลติเพรก	11	✓	✓
	12	✓	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจรดีมัลติเพรก	16	✓	✓
	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจรเปรียบเทียบ	21	✓	✓
	22	✓	✓
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✗	✗
	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✗	✓
	30	✗	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✗	✗
	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✗	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✗	✓
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✗	✗
	43	✓	✓
	44	✗	✗
	45	✗	✓
สถานการณ์โครงงาน	46	✗	✗
	47	✗	✗
	48	✓	✓
	49	✓	✓
	50	✗	✗
	51	✓	✓
	52	✗	✗
	53	✗	✓
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✓	✓
	57	✗	✗
	58	✗	✗
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 18 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 26 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ32 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 32

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✓	✓
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✗	✗
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✓
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✓	✓
	28	✗	✗
	29	✗	✗
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✗	✗
	42	✗	✗
	43	✓	✓
	44	✓	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✗
	49	✗	✓
	50	✓	✓
	51	✗	✓
	52	✗	✗
	53	✗	✗
	54	✓	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 17 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 26 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ33 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 33

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✗	✗
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✓	✓
	9	✗	✗
	10	✗	✗
วงจร	11	✗	✓
มัลติเพรก	12	✗	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✗
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✓
	20	✗	✓
วงจร	21	✗	✗
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✓
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✓	✓
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✗	✗
	38	✓	✓
	39	✗	✗
	40	✗	✗
	41	✓	✓
	42	✗	✗
	43	✗	✗
	44	✗	✗
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✗	✓
โครงงาน	47	✓	✓
	48	✓	✓
	49	✗	✗
	50	✗	✗
	51	✗	✓
	52	✗	✗
	53	✗	✗
	54	✗	✓
	55	✗	✓
	56	✓	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 16 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 27 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ34 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 34

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✗	✗
วงจร	6	✗	✗
ถอดรหัส	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✓	✓
	10	✓	✓
วงจร	11	✗	✓
มัลติเพรก	12	✗	✓
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✓	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✓	✓
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✓
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✓	✓
	44	✓	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์	46	✗	✗
โครงงาน	47	✗	✗
	48	✗	✓
	49	✗	✓
	50	✓	✓
	51	✓	✓
	52	✗	✗
	53	✗	✗
	54	✗	✓
	55	✓	✓
	56	✗	✓
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✗
	60	✗	✗

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 16 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 24 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ35 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 35

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจร	1	✓	✓
เข้ารหัส	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✗	✗
วงจร	6	✓	✓
ถอดรหัส	7	✓	✓
	8	✓	✓
	9	✗	✗
	10	✗	✗
วงจร	11	✓	✓
มัลติเพรก	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจร	16	✗	✓
ดีมัลติเพรก	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจร	21	✗	✗
เปรียบเทียบ	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจร	26	✗	✗
ฟลิบฟลอบ	27	✗	✗
	28	✓	✓
	29	✗	✗
	30	✓	✓

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจร	31	✓	✓
ฟลิบฟลอบ	32	✗	✗
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✗	✗
วงจรการนับ	36	✗	✗
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✓	✓
	40	✗	✗
	41	✗	✗
	42	✗	✗
	43	✗	✗
	44	✓	✓
	45	✓	✓
สถานการณ์	46	✗	✓
โครงงาน	47	✓	✓
	48	✗	✗
	49	✗	✗
	50	✓	✓
	51	✗	✗
	52	✓	✓
	53	✓	✓
	54	✗	✗
	55	✗	✗
	56	✓	✓
	57	✗	✗
	58	✗	✗
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 16 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 22 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ36 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาคนที่ 36

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนเรียน	หลังเรียน
วงจรเข้ารหัส	1	✓	✓
	2	✓	✓
	3	✗	✗
	4	✗	✗
	5	✗	✗
วงจรถอดรหัส	6	✓	✓
	7	✗	✗
	8	✗	✗
	9	✗	✗
	10	✓	✓
วงจรมัลติเพรก	11	✓	✓
	12	✗	✗
	13	✗	✗
	14	✗	✗
	15	✗	✗
วงจรดีมัลติเพรก	16	✗	✗
	17	✗	✗
	18	✗	✗
	19	✗	✗
	20	✗	✗
วงจรเปรียบเทียบ	21	✗	✗
	22	✗	✗
	23	✗	✗
	24	✗	✗
	25	✗	✗
วงจรฟลิบฟลอบ	26	✓	✓
	27	✗	✗
	28	✗	✗
	29	✓	✓
	30	✗	✗

หัวข้อ	ข้อ	ก่อนสอบ	หลังสอบ
วงจรฟลิบฟลอบ	31	✗	✗
	32	✓	✓
	33	✗	✗
	34	✗	✗
	35	✓	✓
วงจรการนับ	36	✓	✓
	37	✗	✗
	38	✗	✗
	39	✗	✗
	40	✓	✓
	41	✗	✗
	42	✓	✓
	43	✗	✗
	44	✓	✓
	45	✗	✗
สถานการณ์โครงงาน	46	✗	✗
	47	✗	✓
	48	✓	✓
	49	✗	✗
	50	✗	✗
	51	✗	✓
	52	✗	✗
	53	✓	✓
	54	✗	✗
	55	✗	✗
	56	✗	✗
	57	✗	✓
	58	✗	✓
	59	✗	✓
	60	✗	✓

ผลรวมของคะแนนก่อนเรียน = 15 คะแนน ผลรวมของคะแนนหลังเรียน = 21 คะแนน

ตารางผนวกที่ ฉ37 ผลคะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ ของนักศึกษาทั้งหมดก่อนเรียน

ลำดับที่	คะแนนก่อนสอบ	วงจรเข้ารหัส	วงจรถอดรหัส	มัลติเพรก	ดีมัลติเพรก	การเปรียบเทียบ	ฟลิปฟลอป	การนับ	สถานการณ์โครงงาน
1	31	4	4	1	1	3	7	6	5
2	30	4	3	2	2	1	6	5	7
3	30	3	5	1	2	2	6	6	5
4	30	3	3	2	1	2	6	6	7
5	30	3	3	1	2	3	6	7	5
6	29	3	3	2	1	3	6	6	5
7	29	3	3	1	1	2	6	6	7
8	29	3	3	1	1	3	6	6	6
9	29	2	3	2	2	2	6	5	7
10	29	3	3	1	2	4	5	6	5
11	28	3	3	2	1	3	6	3	7
12	28	3	3	1	1	2	6	5	7
13	28	4	2	1	2	1	5	6	7
14	28	3	3	1	1	4	6	3	7
15	28	3	3	2	1	1	6	6	6
16	27	3	3	2	2	2	4	4	7
17	27	3	2	2	1	1	6	6	6
18	26	3	2	2	1	3	5	4	6
19	26	3	3	1	1	2	5	6	5
20	26	3	2	1	3	2	5	5	5
21	25	3	3	1	1	1	5	5	8
22	22	2	4	2	2	2	3	3	4
23	22	3	2	1	1	1	5	5	4
24	20	2	2	1	1	2	5	3	4
25	20	3	2	2	1	1	4	3	4
26	19	2	2	0	1	2	3	3	6
27	19	3	2	0	1	1	5	4	3
28	19	2	2	1	0	1	4	5	4
29	18	2	2	1	1	3	3	2	4

ตารางผนวกที่ ฉ37 (ต่อ)

ลำดับที่	คะแนนก่อนสอบ	วงจรเข้ารหัส	วงจรถอดรหัส	มัลติเพรก	ดีมัลติเพรก	การเปรียบเทียบ	ฟลิปฟลอป	การนับ	สถานการณ์โครงงาน
30	18	2	2	1	1	1	3	3	5
31	18	3	1	2	1	2	1	2	6
32	17	3	2	1	0	1	3	4	3
33	16	2	3	0	0	0	5	3	3
34	16	2	2	0	1	1	3	4	3
35	16	2	3	1	0	0	3	3	5
36	15	2	2	1	0	0	4	4	2
คะแนนเต็มรวม		**180**	**180**	**180**	**180**	**180**	**360**	**360**	540
รวม		**100**	**98**	**44**	**41**	**64**	**177**	**164**	**180**
เปอร์เซ็นต์		**55.56**	**54.44**	**24.44**	**22.78**	**35.56**	**49.17**	**45.56**	**33.33**
ลำดับที่	**คะแนนหลังสอบ**	**การเข้ารหัส**	**การถอดรหัส**	**มัลติเพรก**	**ดีมัลติเพรก**	**การเปรียบเทียบ**	**ฟลิปฟลอป**	**การนับ**	**สถานการณ์โครงงาน**
1	49	5	5	3	2	4	9	8	13
2	50	5	5	3	3	4	9	8	13
3	48	5	5	3	2	3	9	8	13
4	40	4	5	3	2	2	7	6	11
5	50	5	5	3	3	4	9	8	13
6	44	5	5	3	2	2	8	8	11
7	50	5	5	3	3	3	9	8	14
8	35	4	4	1	2	3	6	6	9
9	34	3	3	2	2	2	6	6	10
10	35	4	4	1	3	4	5	6	8
11	41	5	3	2	3	3	7	6	12
12	37	4	3	2	2	2	6	6	12
13	36	4	5	1	2	1	6	7	10
14	39	4	4	2	2	4	6	5	12
15	38	4	4	2	2	2	6	7	11
16	29	3	3	2	2	2	4	4	9
17	29	4	2	2	1	1	6	6	7
18	38	3	4	2	1	3	6	7	12

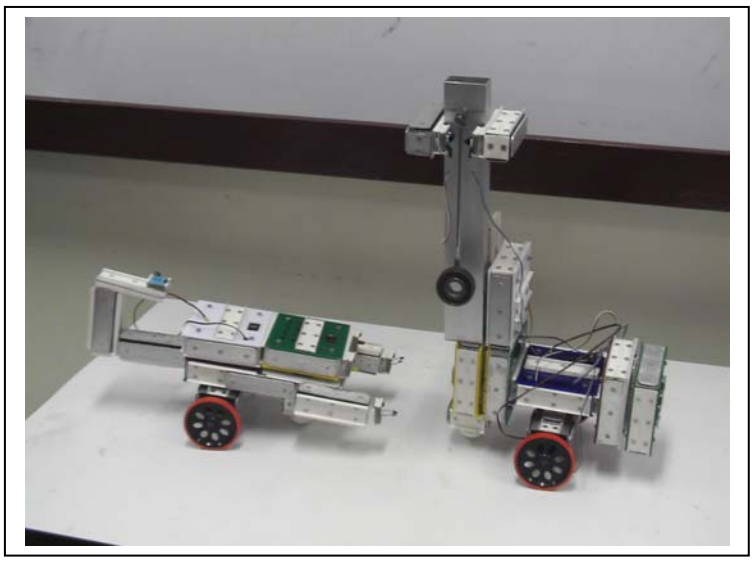
ตารางผนวกที่ ฉ37 (ต่อ)

ลำดับที่	คะแนนหลังสอบ	การเข้ารหัส	การถอดรหัส	มัลติเพรก	ดีมัลติเพรก	การเปรียบเทียบ	ฟลิปฟลอป	การนับ	สถานการณ์โครงงาน
19	33	3	3	2	1	2	6	6	10
20	34	3	3	2	3	2	6	5	10
21	34	4	3	3	2	2	5	5	10
22	33	4	4	2	2	2	4	5	10
23	33	3	3	2	3	3	5	5	9
24	31	3	3	2	2	3	4	5	9
25	32	4	3	2	1	1	5	5	11
26	31	3	4	2	1	2	4	5	10
27	28	3	2	1	1	1	6	5	9
28	28	2	2	1	1	1	6	5	10
29	26	2	2	2	1	3	3	4	9
30	20	2	2	1	1	1	4	3	6
31	26	3	1	2	1	2	3	5	9
32	26	3	2	1	2	1	4	4	9
33	27	2	3	2	2	1	5	3	9
34	24	2	2	2	1	1	3	4	9
35	22	3	3	1	1	0	3	3	8
36	21	2	2	1	0	0	4	4	8
คะแนนเต็มรวม		**180**	**180**	**180**	**180**	**180**	**360**	**360**	540
รวม		**127**	**122**	**71**	**65**	**77**	**200**	**200**	**369**
เปอร์เซ็นต์		**70.56**	**67.78**	**39.44**	**36.11**	**42.78**	**55.56**	**55.56**	**68.33**

ภาคผนวก ช

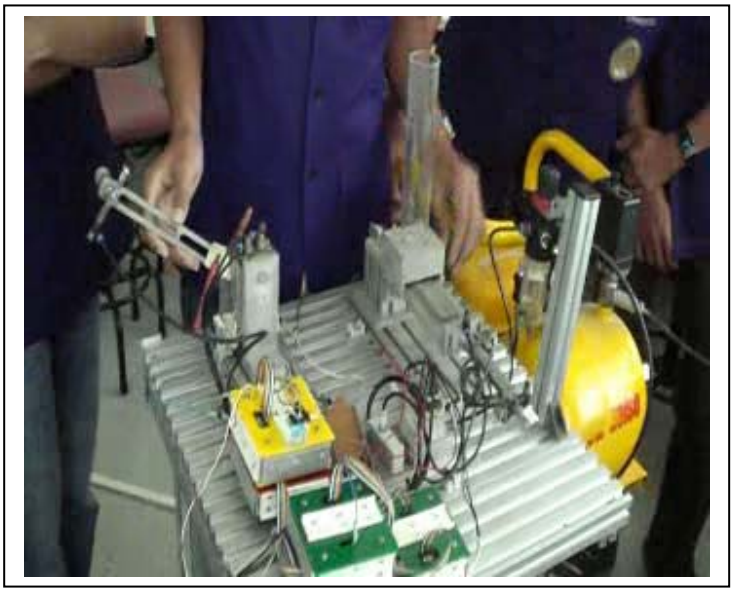
ภาพการสร้างโครงงาน

ภาพผนวกที่ ช1 แสดงนักศึกษาสร้างโครงงานตามจิตนาการ

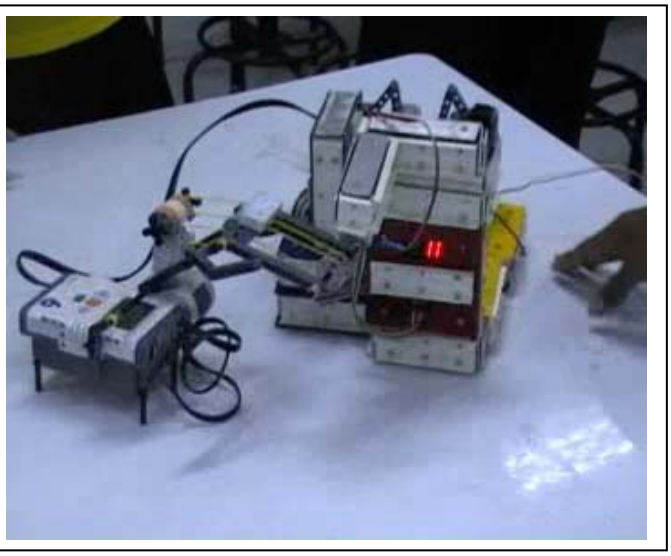


ภาพผนวกที่ ช2 แสดงผลงานที่จัดแสดงในห้องเรียน

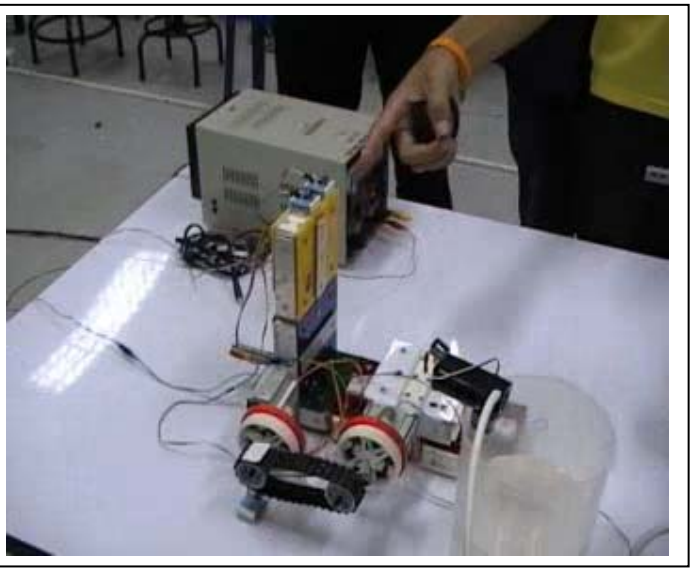
ภาพผนวกที่ ช3 แสดงโครงงานเครื่องสไลด์กล้วย



ภาพผนวกที่ ช4 แสดงโครงงานระบบควบคุมนิวเมติกส์



ภาพผนวกที่ ช5 แสดงโครงงานระบบนับจำนวนสิ้นค้า



ภาพผนวกที่ ช6 แสดงโครงงานเกมส์จุดไม้ขีดไฟ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นายเที่ยง เหมียดไธสง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 19 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2513
สถานที่เกิด	จังหวัดบุรีรัมย์
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) วิทยาลัยครูพระนคร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (การบริหารอาชีวศึกษา) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี