



การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

นายภัทรพันธ์ จันทรสูง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

นายภัทรพันธ์ จันทรสูง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

โดย นายภัทรพันธ์ จันทรสูง

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

..... คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากุล)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์)

ประธานกรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภชัย หอวิมานพร)

กรรมการ

ชื่อ : นายภัทรพันธ์ จันทร์สูง
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง
 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เกมเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนสนุกและ
 เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น งานวิจัยนี้ใช้เกมในการสอนเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ เพื่อแก้ปัญหาผู้เรียน
 ที่มีอุปสรรคในการแปลงหน่วยของตัวเก็บประจุและความสับสนในการอ่านค่า วัตถุประสงค์ของ
 งานวิจัยนี้คือ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 2) เพื่อ
 ตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
 และ 3) เพื่อตรวจสอบระดับแรงจูงใจของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใน
 การวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง เลือกเข้ากลุ่มด้วยวิธีเจาะจงกลุ่มเดียว ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้เรียนระดับ
 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จำนวน 15 คน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนในระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 46.66 และ
 ความก้าวหน้าทางเรียนในระดับกลาง คิดเป็นร้อยละ 53.33 ผู้เรียนมีระดับแรงจูงใจต่อ
 กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน อยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.59 ส่วนเบี่ยงเบน
 มาตรฐาน 0.43) สรุปได้ว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่าน
 ค่าตัวเก็บประจุ มาประยุกต์ช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งทำให้ผู้เรียนมีความ
 เข้าใจในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ และมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ได้จริง

(มีจำนวนทั้งสิ้น 154 หน้า)

คำสำคัญ : การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน, ตัวเก็บประจุ, แรงจูงใจ

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Phattaraphun Chansoong
Independent Study Title : Development of a Game-based Learning Model on
Reading Capacitor Values
Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Independent Study Advisor : Associate Professor Dr. Santi Hutamarn
Academic Year : 2024

ABSTRACT

The application of game-based learning enhances student engagement and facilitates better understanding of the subject matter. This research focused on using games to teach capacitor reading in electronic circuits, aiming to address students' challenges in unit conversion and value interpretation. The objectives were: 1) to develop a game-based learning model for reading capacitor values, 2) to evaluate students' learning progress after the intervention, and 3) to assess students' motivation levels after the intervention. A quasi-experimental, single-group, purposive sampling design was employed. The participants were 15 first-year vocational certificate students from the Mechatronics Department at Ang Thong Technical College.

The research findings revealed that students exhibited high learning progress (46.66%) and moderate learning progress (53.33%). Students demonstrated the highest level of motivation towards the game-based learning process (mean = 4.59, standard deviation = 0.43). In conclusion, the developed game-based learning model for capacitor reading effectively enhanced learning motivation, improved students' understanding of capacitor reading, and resulted in significant learning progress.

(Total 154 Pages)

Keywords: Game-based learning, Capacitor, Motivation

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำ และ ข้อคิดต่าง ๆ ในด้านเทคนิคการทำวิจัยมาโดยตลอด รวมถึงขอขอบพระคุณวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เรื่องการจัดเวลาสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และ ให้กำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนผู้ร่วมชั้นเรียนที่ได้เสนอแนวคิด และ มุมมองด้านอื่น ๆ เพื่อปรับปรุงให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ภัทรพันธ์ จันทรสูง



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานในงานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การใช้เกมเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ (Game Based - Learning)	5
2.2 แรงจูงใจ (Motivation)	8
2.3 การใช้งาน ไคเนค (Kinect)	10
2.4 การใช้งาน ยูนิตี้ (Unity)	12
2.5 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)	18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	40
3.1 กลุ่มผู้เข้าร่วมในการวิจัย	41
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	41
3.3 ขั้นตอนการสร้างเกม	43
3.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	54
3.5 การเก็บข้อมูลการวิจัย	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย	59
บทที่ 4 ผลการวิจัย	61
4.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ	61
4.2 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ด้วยวิธี Normalized Gain	67
แบบรายบุคคล	
4.3 ผลการประเมินแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้	69
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	74
5.1 สรุปผลการวิจัย	74
5.2 อภิปรายผล	75
5.3 ข้อเสนอแนะ	76
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก ก	84
รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินผลเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	85
หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	86
แบบสอบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม	91
เป็นฐานเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยผู้เชี่ยวชาญ	
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัตถุประสงค์เชิง	94
พฤติกรรมและเนื้อหาของข้อสอบ (Index of Consistency: IOC) วิจัยเรื่อง	
การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่า	
ตัวเก็บประจุ ก่อนเรียน และ หลังเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญ	
ภาคผนวก ข	101
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ในรายวิชา	102
20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	
การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	104
การออกแบบแผนผังกระบวนการทำงานของเกมของชุดการเรียนรู้เกม	107
ใบเนื้อหา เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	108
ใบงาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	115

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
พาวเวอร์พอยต์ เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	117
แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	123
แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนในการใช้การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ และ QR Code โดยรูปแบบ Google form	127
ภาคผนวก ค	131
ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน	133
ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))	134
แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน	135
ภาคผนวก ง	140
การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของด้านเนื้อหาของบทเรียนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ	141
การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ	143
การวิเคราะห์การประเมินด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ	145
ภาพกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	146
ภาคผนวก จ	150
แบบแจ้งการยืนยันการรับบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย 14	151
นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย 14	152
QR Code รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 14	153
ประวัติผู้เขียน	154

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
2-1	เลยยกำลังที่ใช้งานตัวเก็บประจุ	20
2-2	ตัวอักษรแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความจุ	21
3-1	ขั้นตอนการสอนการจัดกิจกรรม และรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน	55
3-2	การเก็บข้อมูลการวิจัย โดยการจัดกิจกรรมโดยใช้เกมเป็นฐาน	57
3-3	การแบ่งระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรู้	59
4-1	ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ	62
4-2	ผลของการประเมินค่าดัชนีของค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน กับจุดประสงค์ประจำหน่วยจากผู้เชี่ยวชาญ	65
4-3	ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนกลุ่มทดลองแบบรายบุคคล	67
4-4	ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้	69
4-5	ข้อมูลเชิงคุณภาพแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน	72
ค-1	แสดงตารางวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ Test Blueprint	132
ค-2	ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ	133
ค-3	ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความ เชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))	134
ค-4	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน	135
ง-1	การประเมินด้านความเหมาะสมของด้านเนื้อหาของบทเรียน	141
ง-2	การประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	143

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 อุปกรณ์ภายในเครื่องเล่นโคเนค	11
2-2 ภาพข้อต่อที่ใช้ในชุดข้อมูลร่างกาย 21 จุด	12
2-3 ภาพ RGB และภาพความลึกของเซ็นเซอร์โคเนค	12
2-4 ภาพหน้าจอการทำงานในโปรแกรมยูนิตี้	13
2-5 ภาพหน้าจอของโปรแกรม (Unity Editor)	13
2-6 การนำ Model ตัวละคร เข้ามาในโฟลเดอร์	14
2-7 การสร้างฉากการทำงานของเกม	15
2-8 การใช้กล้องจับภาพต่าง ๆ ภายในเกม	15
2-9 การปรับความมืดและความสว่างภายในเกม	16
2-10 การหาตำแหน่ง การหมุน ขนาดของวัตถุภายในเกม	16
2-11 การคำนวณระยะห่างของวัตถุภายในเกม	17
2-12 การโคลนนิ่งวัตถุของวัตถุภายในเกม	17
2-13 การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	18
2-14 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ	19
2-15 ตัวเก็บประจุหลายชนิด และ หลายขนาด	20
2-16 การหาความหนา d ของตัวกลางที่มีค่าการอนุญาตสัมพัทธ์	24
2-17 การหาความหนา d ของตัวกลางประกอบด้วยอากาศบางส่วน	25
2-18 การหาค่าความจุของตัวเก็บประจุแผ่นไดอิเล็กทริกทั้งสามแผ่น	26
2-19 หาค่าความชันศักย์ไฟฟ้าในตัวเก็บประจุทรงกระบอก	27
2-20 การชาร์จตัวเก็บประจุโดยการเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่	28
2-21 วงจรไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบอนุกรม	29
2-22 วงจรไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบขนาน	30
2-23 ตัวเก็บประจุแบบทรงกระบอก	30
2-24 การคำนวณหาความต้านทานฉนวนของตัวเก็บประจุสายเคเบิล	32
2-25 ตัวเก็บประจุบนเมนบอร์ด	33
2-26 การชาร์จตัวเก็บประจุ	34
2-27 การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของแรงดันไฟฟ้าบนแผ่นตัวเก็บประจุ	36
3-1 ผังงานวิธีดำเนินการวิจัย	40

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-2 แผนผังกระบวนการทำงานของเกม และแสดงตำแหน่งการยืนในการควบคุมเกม	44
3-3 ฉากเมนูเริ่มต้นเกม	45
3-4 ฉากของเกม ระดับที่ 1 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง	45
3-5 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง	46
3-6 ฉากของเกม ระดับที่ 2 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลขและตัวอักษร	46
3-7 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลขและตัวอักษร	47
3-8 ฉากของเกม ระดับที่ 3 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี	47
3-9 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี	48
3-10 การเข้าเว็บไซต์ การเข้าใช้ และการดาวน์โหลดของโปรแกรม Unity	48
3-11 การดาวน์โหลด และติดตั้งโปรแกรม Unity เวอร์ชัน	49
3-12 การสร้างโปรเจกการสร้างเกม	49
3-13 การสร้างรูปแบบ ชื่อและที่บันทึกของโปรเจกการสร้างเกม	50
3-14 หน้าต่างของโปรแกรม และส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Unity	51
3-15 การเลือกรูปแบบ Scene จากของเกม	51
3-16 การดาวน์โหลด และเลือกตัวละครในเกม	52
3-17 การใส่ Scene และ ตัวละครในโปรเจกของเกม	52
3-18 การสร้างไฟล์ Script ในการเขียนการควบคุม และเงื่อนไขต่าง ๆ ด้วยภาษา C#	53
3-19 นำเกมจาก Unity เชื่อมต่อกับ Kinect แสดงผลด้วยสมาร์ททีวี จะได้ระบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	53
3-20 กรอบแนวคิดการวิจัย	54
3-21 แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับเนื้อหาในเกมที่ออกแบบ	56
4-1 ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป (โปรแกรม SPSS)	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-2 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนกลุ่มทดลอง แบบรายบุคคล	68
ก-1 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายธนศักดิ์ อรุณไพร เป็นผู้เชี่ยวชาญ	86
ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ เป็นผู้เชี่ยวชาญ	87
ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ	88
ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ	89
ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร เป็นผู้เชี่ยวชาญ	90
ข-1 การออกแบบแผนผังกระบวนการทำงานของเกมของชุดการเรียนรู้เกม เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	107
ข-2 สไลด์ที่ 1/12 หน่วยที่ 9 ตัวเก็บประจุ	117
ข-3 สไลด์ที่ 2/12 การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	117
ข-4 สไลด์ที่ 3/12 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ	118
ข-5 สไลด์ที่ 4/12 ค่าความจุของตัวเก็บประจุ	118
ข-6 สไลด์ที่ 5/12 หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ	119
ข-7 สไลด์ที่ 6/12 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ	119
ข-8 สไลด์ที่ 7/12 ตัวอักษรแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของตัวเก็บประจุ	120
ข-9 สไลด์ที่ 8/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง	120
ข-10 สไลด์ที่ 9/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร	121
ข-11 สไลด์ที่ 10/12 ตารางค่าแถบสีของตัวเก็บประจุ	121
ข-12 สไลด์ที่ 11/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี	122
ข-13 สไลด์ที่ 12/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี (ต่อ)	122
ง-1 ขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียน และการสอนทฤษฎี	146
ง-2 ขั้นตอนก่อนใช้เกม การอธิบายและนำเสนอเกม	146
ง-3 ขั้นระหว่างการใช้เกม	147
ง-4 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล สรุปคะแนนของเกม	148
ง-5 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล ทำแบบทดสอบหลังเรียน	148
ง-6 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล ทำแบบประเมินระดับแรงจูงใจ	149

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
จ-1 แบบแจ้งการยืนยันการรับบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 14	151
จ-2 การเข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย14 ประเภท Oral Presentation กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	152
จ-3 การนำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย 14 ประเภท Oral Presentation กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	152
จ-4 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 14	153
จ-5 QR Code รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการ	153

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยเฉพาะทางด้านการเรียนรู้ในภาคการศึกษา ส่งผลให้พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก การศึกษาได้นำเทคโนโลยีมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ผู้เรียนมีบทบาทในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ภายในห้องเรียนได้อย่างเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ในยุคที่สังคมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งทางด้านวิทยาการและเทคโนโลยี เนื่องจากเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าและเข้ามามีบทบาท ทำให้มนุษย์สามารถรับรู้ข่าวสารและแสวงหาสิ่งที่ต้องการรู้ได้มากขึ้น ส่งผลให้ค่านิยมและวิถีชีวิตของผู้คนเปลี่ยนแปลงไป ตัวอย่างเช่น เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สื่อการเรียนรู้จำเป็นต้องมีประสิทธิผลและคุณภาพสูง ในการนำเสนอเนื้อหาให้เรียบง่ายและสอดคล้องกับสถานการณ์การเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะในช่วงการแพร่ระบาดของโควิด-19 ซึ่งทำให้การเรียนรู้ในบริบทใหม่เกิดความท้าทายและต้องการวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality : AR) ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษามากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความท้าทายเหล่านี้ (Sandoval Pérez, S., et al., 2022)

ในปัจจุบัน การศึกษามีรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น โดยมีสื่อต่าง ๆ ช่วยให้การเรียนการสอนน่าสนใจยิ่งขึ้น เช่น การใช้สื่อวิดีโอและการสาธิต นอกจากนี้ ยังมีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) มาช่วยการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีเหล่านี้ยังไม่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้เต็มที่ หากขาดสื่อหรืออุปกรณ์ที่ช่วยให้นักเรียนเห็นและเรียนรู้ได้อย่างเข้าใจ (Paszkievicz, A., et al., 2022) เทคโนโลยีสมัยใหม่หลายชนิดเข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอน เช่น เทคโนโลยีโลกเสมือน (VR/AR/MR) และฮอโลกราฟี (Holography) ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนที่ไม่มีโอกาสเห็นของจริงได้เห็นผ่านการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง โดยอาจใช้ของจริงทั้งหมดหรือผสมผสานระหว่างของจริงและวัตถุเสมือนจริง ปัจจุบัน เทคโนโลยีเสมือนจริงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและสามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ ได้ (Cinar, O., et al., 2022)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based Learning : GBL) เป็นอีกหนึ่งวิธีการสอนที่ใช้เกมเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจและกระตุ้นแรงจูงใจของผู้เรียน การใช้เกมเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น และพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น การคิดเชิงวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดของการผสมผสาน

การเรียนรู้และความบันเทิงนี้ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมและแรงจูงใจของผู้เรียน โดยทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดและทฤษฎีผ่านเกม ซึ่งสามารถนำไปสู่การปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ (Khan, M., et al., 2022) ประโยชน์ของการใช้เกมในการศึกษาไม่เพียงแต่ทำให้การเรียนรู้สนุกสนาน แต่ยังช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะต่าง ๆ ผ่านการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การใช้กลไกเกมในกระบวนการเรียนรู้ หรือที่เรียกว่า (Gamification) เป็นกระบวนการที่นำเอากลไกหรือองค์ประกอบของเกม เช่น คะแนน, ระดับ, รางวัล, และการแข่งขัน มาปรับใช้ในบริบทการเรียนรู้หรือกิจกรรมที่ไม่ใช่เกม เพื่อเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (Karl M. Kapp, 2012)

จากปัญหาและความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น ผู้เรียนที่เรียนในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เนื่องจากผู้เรียนไม่เข้าใจในการอ่านค่า และไม่เห็นภาพในการอ่านค่าตัวเก็บประจุรหัสและสัญลักษณ์ที่ซับซ้อน ตัวเก็บประจุมีการระบุค่าที่แตกต่างกันมากมาย ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนสับสนในการที่ต้องแปลเป็นค่าความจุ หน่วยวัดของตัวเก็บประจุที่หลากหลายรูปแบบ อาจทำให้ผู้เรียนให้เกิดความสับสนได้ และปัญหาทางกายภาพของตัวเก็บประจุที่มีขนาดเล็กมากอาจมีการระบุค่าที่อ่านยาก เนื่องจากพื้นที่บนตัวเก็บประจุมีจำกัด (Fan, H., et al., 2023) ซึ่งตัวเก็บประจุที่มีหลายชนิดในการอ่านที่แตกต่างกัน จึงทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนน้อยลง ผู้สอนจึงต้องการสื่อสารให้ชัดเจนขึ้น แต่ขาดตัวอย่างและสื่อการสอนที่น่าสนใจในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น จัดอยู่ในกลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 (ปรับปรุง พ.ศ. 2567) ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาเมคคาทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ภาคเรียนที่ 1 ในปีการศึกษา 2567 เพื่อแก้ไขปัญหานี้ จึงมีการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพเหมือนจริงในการอ่านค่าตัวเก็บประจุที่มีหลายชนิด ก่อนที่จะไปอ่านค่าตัวเก็บประจุของจริง และเข้าใจในสิ่งที่ผู้สอนต้องการจะสื่อสารได้ชัดเจน การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานจะช่วยกระตุ้นความสนใจและแรงจูงใจในเนื้อหา นอกจากนี้ยังช่วยเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่แปลกใหม่ในห้องเรียน (Carvalho, F., et al., 2024) การพัฒนารูปแบบนี้มีเป้าหมายเพื่อให้ผู้เรียนมีความจำและเข้าใจการอ่านค่าตัวเก็บประจุ และทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างสนุกสนานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
- 1.2.2 เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- 1.2.3 เพื่อตรวจสอบระดับแรงจูงใจของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

1.3 สมมติฐานในงานวิจัย

1.3.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ที่พัฒนาขึ้นผ่านการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าเฉลี่ยที่แปลผลอยู่ในระดับมากที่สุด

1.3.2 ผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ อยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 0.3 ขึ้นไป) ตามสูตร Normalized Gain (Hake, 1998)

1.3.3 ผู้เรียนที่ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐาน เรื่อง การอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีระดับแรงจูงใจทางการเรียนรู้ เฉลี่ยในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย 3.75) ขึ้นไป

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 กลุ่มผู้เข้าร่วมในการวิจัย โดยใช้ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 15 คน

1.4.1.1 กลุ่มทดลอง คือ ผู้เรียนลงทะเบียนเรียนในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับภาคเรียนที่ 1/2567 โดยมีผู้เรียนจำนวน 15 คน

1.4.2 รูปแบบการวิจัยเป็นแบบ (Pre-Experimental Research) แบบแผนการวิจัยเป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนกลุ่มเดียว (Fitz-Gibbon & Morris, 1987) โดยมีใช้การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Normalized Gain) โดย Richard R. Hake (1998) ในการประเมินผลความก้าวหน้าของกลุ่มผู้เรียนแบบรายบุคคลที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

1.4.3 ด้านเนื้อหา ใช้เนื้อหาในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องตัวเก็บประจุ โดยมีเนื้อหาหลักการทำงานของตัวเก็บประจุ วิธีการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยมี 3 แบบ แบบที่ 1 แบบบอกโดยตรง แบบที่ 2 แบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร และแบบที่ 3 แบบแถบสี

1.4.4 ด้านสื่อการเรียนการสอน รูปแบบเกมโดยใช้โคเนคควมคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายในการควบคุมเกม และใช้โปรแกรมยูนิตีในการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ในรูปแบบของเกม

1.4.5 เครื่องมือวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.4.5.1 แบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ และ แบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

1.4.5.2 แบบประเมินแรงจูงใจในการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยประยุกต์ใช้แบบประเมิน ARCS Model (Huang, Chen & Hsu, 2019) เป็นมาตรวัด 5 ระดับแบบลิเคิร์ต (Likert rating scales)

จำนวน 15 ข้อ สำหรับประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีต่อการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยใช้แบบจำลองแรงจูงใจของ (ศิริธร และคณะ ,2566) ประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความสนใจ (Attention) ด้านความเกี่ยวข้อง (Relevance) ด้านความเชื่อมั่น (Confidence) และด้านความพึงพอใจ (Satisfaction)

1.4.6 ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสอดคล้อง และประเมินคุณภาพของเครื่องมือในด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอน โดยมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ หรือ ผู้ที่มีประสบการณ์สอนในเรื่องดังกล่าว ไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 5 ท่าน

1.5 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน คือ วิธีการสอนที่ใช้เกมหรือองค์ประกอบของเกมเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทักษะต่างๆ การเรียนรู้แบบนี้เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ และจะใช้เกมที่มีโครงสร้างชัดเจน และมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้

1.5.2 ตัวเก็บประจุ คือ อุปกรณ์พื้นฐานในด้านอิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำงานเก็บพลังงานในสนามไฟฟ้า ที่ระหว่างคู่ฉนวน โดยจะมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่จะมีชนิดของประจุตรงข้ามกัน โดยจะเรียกตัวเก็บประจุนี้ว่า คอนเดนเซอร์ (Condenser) ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานสำคัญในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.5.3 แรงจูงใจ คือ กระบวนการการกระตุ้น และสร้างความตั้งใจ หรือความพยายามในการทำกิจกรรมหรือพฤติกรรมบางอย่าง โดยแรงจูงใจมีความสำคัญในการกระตุ้นให้บุคคลทำงานหรือบรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งใจไว้

1.5.4 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ คือ กระบวนการพัฒนาความรู้ ทักษะ และความสามารถของผู้เรียนที่เกิดขึ้นอย่างเป็นลำดับขั้นตามช่วงเวลา โดยอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านการสอน สภาพแวดล้อม และประสบการณ์การเรียนรู้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ที่พัฒนาขึ้น

1.6.2 ผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ทางการเรียนรู้ เรื่อง การอ่านค่าตัวเก็บประจุ เพิ่มมากขึ้น

1.6.3 ผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีระดับแรงจูงใจทางการเรียนรู้ วิชางานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เพิ่มมากขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มี การศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ รวมถึงเอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 การใช้เกมเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ (Game Based - Learning)
- 2.2 แรงจูงใจ (Motivation)
- 2.3 การใช้งาน ไคเนค (Kinect)
- 2.4 การใช้งาน ยูนิตี้ (Unity)
- 2.5 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การใช้เกมเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ (Game Based Learning)

2.1.1 การใช้เกมเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ โดยจะมีผู้ให้นิยามดังนี้

2.1.1.1 วิธีการจัดการเรียนในการใช้เกมช่วยสอน เป็นวิธีการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ทำตามวัตถุประสงค์ และทำให้ท้าทาย สนุกสนานกับการเรียน ซึ่งจะให้ผู้เรียนเป็นผู้เล่นด้วยตนเอง จะทำให้ได้การเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยจะเป็นการวิธีดำเนินการที่จะช่วยให้นักเรียนเปิดประสบการณ์ใหม่ๆ มีเรียนรู้โดยตรงเพิ่มมากขึ้น (ทิตินา, 2557 : 81)

2.1.1.2 การจัดการเรียนการสอนในการใช้เกมช่วยในการสอน จะการใช้ความรู้สึกร่วมช่วยส่งเสริมแรงจูงใจเข้ามาเป็นหลักการในการออกแบบเกม โดยจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนกับสื่อการศึกษาผ่านกระบวนการสอนให้มีความยืดหยุ่นและไม่แตกต่าง การจัดการเรียนการสอนโดยเกมช่วยสอนไม่ได้ หมายถึง เพียงแค่ประยุกต์ใช้เนื้อหาในการเรียนมาทำให้ผู้เรียนได้เล่นเกม โดยจะใช้ส่วนประกอบของเนื้อหาของบทเรียน มาประยุกต์สร้างกิจกรรมของผู้เรียน เสริมสร้างแนวคิดที่สร้างสรรค์ และเป้าหมายทางการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยในการใช้เกมให้บรรลุวัตถุประสงค์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Pho and Dinscore, 2015; ญัฐญา และชวณัฐ, 2559)

2.1.1.3 การเรียนรู้โดยในการใช้เกมเป็นฐาน จำเป็นจะต้องมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน ซึ่งจุดมุ่งหมายของแต่ละเกมอาจแตกต่างกันไปตามผู้เล่น โดยทั่วไปแล้ว ผู้เล่นจะต้องมุ่งหวังที่จะเอาชนะความท้าทายที่เผชิญอยู่ เป้าหมายของเกมในการศึกษา จะมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ช่วยให้ทำตามเป้าหมายวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน

ผลสำเร็จจากการเรียนรู้ควรเกิดจากการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง จนนำไปสู่ความชำนาญในความรู้และทักษะที่ได้รับ การศึกษาเกี่ยวกับเป้าหมายการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้เกิดพัฒนาการที่รวดเร็วขึ้น หากผู้เล่นสามารถเข้าใจจุดมุ่งหมายของเกมหรือกิจกรรมก่อนเริ่มเล่น นอกจากนี้ กฎเกณฑ์ ยังเป็นอีกองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความจำเป็น โดยทั่วไปแล้ว กฎเกณฑ์ของเกมจะถูกกำหนดให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ และสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามบริบทของการเรียนรู้ (สาโรช, 2546; เอกสิทธิ์, 2559)

2.1.1.4 การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเป็นรูปแบบการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้ออกแบบเกมนำเกมมาบูรณาการเข้ากับกระบวนการเรียนการสอน แล้วสามารถประยุกต์ใช้ได้ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การนำเข้าสู่ในการจัดการเรียนการสอน แล้วให้งานกับผู้เรียน ถึงขั้นตอนการประเมินและสรุปผล (วิทวัส และวาริรัตน์, 2560)

2.1.1.5 การจัดเรียนรู้โดยเกมเป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายของเกม ในการสร้างความท้าทาย และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน จะช่วยผู้เรียนในสถานะทำให้ผู้เรียนไม่กังวล ซึ่งแตกต่างจากการเรียนแบบดั้งเดิมที่อาจสร้างความเครียด และส่งผลต่อการปิดกั้นการรับรู้ นอกจากนี้ การเรียนรู้ผ่านเกมยังกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนมากขึ้น ช่วยให้การเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในการเล่นรวมถึงสร้างความท้าทายในการเรียนรู้ (ฐปนนท์, 2560)

2.1.2 ประโยชน์ที่จะได้จากการเรียนการสอนด้วยเกม

2.1.2.1 ประโยชน์ของการเรียนรู้ในการเล่นเกม คือ การเรียนรู้ผ่านเกมมีจุดเด่นที่สำคัญ คือ การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนความคิดที่มากขึ้น ซึ่งนำไปสู่เป้าหมายร่วมกันของกลุ่มผู้เรียน นอกจากนี้ เกมยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถรับรู้เนื้อหาเชิงลึก และการพร้อมกับความรู้เข้ากับสภาพแวดล้อมจริง ช่วยลดความเห็นต่างระหว่างผู้เรียนของแต่ละคน และพบว่าเกมเพื่อการเรียนรู้เป็นสื่อการสอนที่ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้ที่กว้างขึ้น และส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน การมีส่วนร่วมในเกมจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการพัฒนาและยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (ฐปนนท์, 2560)

2.1.2.2 เกมมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยช่วยกระตุ้นความสนใจ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างสนุกสนาน ช่วยลดความไม่กังวลช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้มากขึ้นในบทเรียน ช่วยพัฒนาความสามารถได้อย่างเต็มที่ช่วยส่งเสริมความเชื่อมั่นในการทำงาน ให้มีวินัยของตนเอง นอกจากนี้ยังจะช่วยปลูกฝังทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ (ประภาศิริ, 2561)

โดยจะสรุป ข้อดีของการจัดการเรียนในการใช้เกมช่วยสอน คือการช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงบทเรียนได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังช่วยให้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้มากขึ้น

ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยจะเน้นผู้เรียนเป็นหลัก แทนการจัดการเรียนการสอนแบบการบรรยาย จะส่งผลให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

2.1.3 วิธีการในการส่งเสริมในการใช้เกม

วิธีการในการส่งเสริมการเรียนรู้ในการใช้เกม โดยจะเป็นลำดับขั้นตอนเพิ่มเติมได้ดังนี้ (สุวิทย์, 2545 : 93; อัจฉรา, 2558)

2.1.3.1 การเรียนรู้เกมในการเรียนรู้ส่วนมากจะเรียกว่า "เกมการศึกษา" ซึ่งเป็นเกมที่มีวัตถุประสงค์ชัดเจน มุ่งเน้นให้ผู้เล่นเกมเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้น ผู้สอนสามารถคัดเลือกเกมที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้ได้ตามหลักเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

2.1.3.1.1 ผู้สอนควรออกแบบและพัฒนาเกมให้เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ ควรทดลองใช้เกมในรูปแบบที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถคัดเลือกเกมที่มีประสิทธิภาพ และตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ทางการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง

2.1.3.1.2 ผู้สอนควรคัดเลือกเกมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว และนำมาปรับให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการสอน ควรทดลองใช้เกมล่วงหน้าเพื่อระบุข้อขัดแย้งหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถวางแผนป้องกันและแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.3.2 ชั้นชี้แจงของการเล่นเกม ในกติกา ผู้สอนควรจะดำเนินการดังนี้

2.1.3.2.1 โดยการบอกชื่อของเกมให้แก่ผู้เล่น

2.1.3.2.2 ชี้แจงกฎกติกาของเกม ผู้สอนจะต้องจัดลำดับขั้นตอน และชี้แจงรายละเอียด และพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนซักถามได้

2.1.3.2.3 สาธิตเล่นเกมที่มีวิธีการเล่นที่ซับซ้อน

2.1.3.2.4 ซ้อมก่อนเล่นจริง เกมที่มีวิธีการเล่นที่ซับซ้อนควรให้ผู้เล่นเกมซ้อมเล่นก่อน เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจน

2.1.3.3 ชั้นเล่นเกม ผู้สอนควรดำเนินการดังนี้

2.1.3.3.1 จัดสถานที่สำหรับการเล่นเกมให้อยู่ในสภาพที่เอื้อต่อการเล่น

2.1.3.3.2 ให้ผู้เรียนเล่นเกม และ ผู้สอนควบคุมการเล่นให้เป็นไปตามขั้นตอน และ ในบางกรณีต้องควบคุมเวลาในการเล่นด้วย

2.1.3.3.3 ผู้สอนควรที่จะติดตามสังเกตวิธีการของการเล่นเกมของผู้เข้าร่วมกิจกรรมในขนาดการเล่น และต้องมีผู้ดูแลในการเล่น ควรจะจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ โดยจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาศึกษาของผู้เรียนโดยให้เป็นปัจจุบัน เพื่อนำไปใช้สรุปผลหลังจากการเล่น เพื่อนำมาปรับปรุงในการจัดการเรียนการสอนครั้งต่อไป

2.1.3.4 ชื่นนำเสนอหลังจากการเล่น เกม ผู้สอนจะดำเนินการตามขั้นตอน ซึ่งนี้สำคัญมากสำหรับการจัดการเรียนรู้ในการใช้เกม จะอยู่ที่การเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์วิธีต่าง ๆ ที่จะสามารถเอาชนะ

อุปสรรค เพื่อให้ได้ไปถึงเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งจะโยงสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ใน การดำเนินการตามดังนี้

2.1.3.4.1 ผู้สอนควรตั้งประเด็นคำถาม เพื่อนำไปสู่การอภิปราย เช่น ผู้คนมีวิธีการเล่นอย่างไร ผู้ชนะ หรือ ผู้แพ้มีความรู้สึกอย่างไร ผู้ชนะ ชนะเพราะเหตุใด ผู้แพ้ แพ้เพราะเหตุใด แพ้ได้อย่างไร

2.1.3.4.2 ประเด็นคำถามเกี่ยวกับเทคนิค หรือ ทักษะต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้รับ เช่น ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะอะไรบ้าง ได้พัฒนามากน้อยเพียงใด ประสบความสำเร็จตามที่ต้องการหรือไม่ มีข้อผิดพลาดอะไรบ้าง และมีวิธีใดจะช่วยให้ประสบความสำเร็จมากขึ้น

2.1.3.4.3 ประเด็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาสาระต่าง ๆ ที่ได้รับ เช่น การทดสอบความรู้ การให้เขียนแผนผังความคิด เป็นต้น

2.2 แรงจูงใจ (Motivation)

2.2.1 แรงจูงใจ ความหมายตามพจนานุกรม (Toas & Carroll, 2550) หมายถึง แรงขับในแต่ ละบุคคลเป็นสาเหตุที่ทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรม โดยเฉพาะในการทำงาน การกระทำที่ทำให้บุคคล ประสบความสำเร็จในการภาระกิจของงาน จะได้อิทธิพลในการทำงาน ผู้นำจะต้องมีบทบาทสำคัญใน การการจูงใจให้พนักงานทำงานเพื่อให้องค์กรตามเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

จากความหมาย แรงจูงใจ คือ แรงกระตุ้น หรือ แรงผลักดันที่เกิดจากความชื่นชอบโดยที่ จะได้รับตามความประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการทำงานมากขึ้น โดย ประกอบด้วยปัจจัยความต้องการพื้นฐาน เช่น ความสำเร็จในหน้าที่การงาน การเติบโตในสายอาชีพ ปัจจัยสุขอนามัย นโยบายและการบริหารงานในองค์กร ค่าจ้างเงินเดือนที่ได้รับ ความสัมพันธ์กับเพื่อน ร่วมงาน สภาพการทำงานในความสัมพันธ์กับผู้บังคับบัญชา และความมั่นคงในการทำงาน เมื่อ วิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ จะพบว่า แรงจูงใจเกิดจากปฏิกิริยาพื้นฐานในส่วนลึกของจิตใจภายใน ซึ่งตาม หลักจิตวิทยาอธิบายว่าเป็นสภาวะจิตใจที่ไม่อยู่ในความควบคุม เป็นแหล่งรวมของความคิดที่ แสดงออกโดยที่บุคคลไม่รู้ตัว หรือที่เรียกว่าจิตใต้สำนึก ซึ่งทุกคนล้วนมีแรงจูงใจในการใฝ่สัมฤทธิ์ใน ตัวเอง

สรุปได้ว่า แรงจูงใจ (Motivation) คือ ภาวะทางภายในร่างกายของบุคคลที่ถูกกระตุ้น จากสิ่งเร้า หรือสิ่งจูงใจ ซึ่งจะก่อให้เกิดความต้องการและนำไปสู่แรงขับภายในที่สามารถแสดง พฤติกรรมการทำงานที่มีคุณค่าและตรงตามเป้าหมายขององค์กร การจูงใจคือการกระทำทุกวิถีทางที่ สามารถกระตุ้นให้พนักงานในองค์กรประพฤติตามกิจกรรมต่าง ๆ ที่องค์กรต้องการ โดยพื้นฐานสำคัญ ในการกระตุ้นให้พนักงานแสดงพฤติกรรมที่องค์กรคาดหวัง คือการสร้างความต้องการภายในบุคคล ซึ่งจะกระตุ้นให้บุคคลเกิดความพยายามในการแสวงหาสิ่งที่ต้องการ ทำให้เกิดแรงขับขึ้นภายใน เมื่อมี

สิ่งจูงใจที่เหมาะสม บุคคลจะตอบสนองด้วยการกระทำหรือแสดงพฤติกรรมเพื่อให้ได้มาซึ่งความสำเร็จ

2.2.2 นักจิตวิทยาได้แบ่งลักษณะของแรงจูงใจออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

2.2.2.1 สุวัฒน์ วัฒนวงศ์ (2544 : 156) ได้ให้ความหมาย แรงจูงใจไว้ว่า หมายถึง สิ่งโน้มน้าว หรือ สิ่งชักนำให้บุคคลเกิดการกระทำ หรือ ปฏิบัติการ

2.2.2.2 อารี พันมณี (2542 : 179) ได้ให้ความหมายของแรงจูงใจไว้ว่า หมายถึง กระบวนการที่เป็นเหตุ หรือ สิ่งเร้า แรงกระตุ้นที่ทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรม เพื่อสนองความต้องการของตนเอง

2.2.2.3 จุฑารัตน์ แดงโสภา (2549 : 11) ได้ให้ความหมายของแรงจูงใจไว้ว่า หมายถึง สภาวะ หรือ แรงกระตุ้นที่ทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรมออกมาทั้งทางด้านร่างกาย และ จิตใจ โดยมี ปัจจัย วิธีการ กระบวนการ หรือ สิ่งเร้าที่เป็นเหตุชักนำ เพื่อตอบสนองความต้องการของคน

โดยสรุปได้ว่า แรงจูงใจ หมายถึง ปัจจัย หรือ สิ่งหนึ่งสิ่งใดก็แล้วแต่ ที่มีผลกระทบกับบุคคลแล้วทำให้เกิดเหตุชักนำ หรือ โน้มน้าวให้บุคคลตัดสินใจกระทำแสดงพฤติกรรม หรือ ปฏิบัติการทันที เพื่อจะให้อสนองในความต้องการ

2.2.3 กลุ่มของแรงจูงใจ

2.2.3.1 กลุ่มที่ 1 แรงจูงใจแบบฉับพลัน คือ แรงผลักดันที่ทำให้บุคคลแสดงโดยอัตโนมัติ ไม่ต้องเรียนรู้ เช่น การหาวเมื่อง่วงนอน การสะดุ้งเมื่อเจอเสียงดัง ส่วนแรงจูงใจแบบผสม คือ เป็นแรงขับที่เกิดจากความต้องการของตนเอง เรียนรู้สิ่งใหม่เพราะอยากพัฒนาตัวเอง สนุกกับการแก้ปัญหา หรือ ชอบความท้าทาย

2.2.3.2 กลุ่มที่ 2 แรงจูงใจแบบภายใน คือ แรงขับที่เกิดขึ้นจากตัวบุคคลเอง โดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับสิ่งเร้าภายนอก เช่น รางวัล คำชม หรือแรงกดดันทางสังคม แต่มาจากความพึงพอใจ

(White. 2550 : Online) แรงจูงใจแบบภายใน หมายถึง ความต้องการที่จะปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม และมีส่วนร่วมกันในการทำงานร่วมกัน โดยมนุษย์เริ่มต้นปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่วัยทารก และพยายามพัฒนาตัวเองอย่างต่อเนื่อง ความต้องการนี้ทำให้เกิดแรงจูงใจแบบภายใน ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดความท้าทาย และค้นหาวิธีการที่ดีที่สุดในการปรับตัว และเรียนรู้จากประสบการณ์ที่ได้รับ

2.2.3.3 กลุ่มที่ 3 แรงจูงใจแบบภายนอก (Extrinsic Motive) คือ แรงจูงใจที่ได้รับอิทธิพลโดยมาจากสิ่งเร้าภายนอก

(Maw 1964 : Online) ความอยากรู้ และความท้าทาย ถือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการเรียนรู้ และต่อยอดความคิดของผู้เรียนทำให้ไม่เกิดความกังวล โดยจะความต้องการที่จะพัฒนาตนเองเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในในการเรียนการสอน โดยผู้สอนมีหน้าที่ในการ

สนับสนุนให้ผู้เรียนมีโอกาสค้นคว้าสำรวจ และทดลองความสามารถของตนเอง โดยการจัดสิ่งแวดล้อมในห้องเรียนหรือการจัดประสบการณ์ที่ท้าทาย ซึ่งจะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและพัฒนาศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่

2.2.3.4 กลุ่มที่ 4 แรงจูงใจปฐมภูมิ (Primary Motive) คือ แรงจูงใจปฐมภูมิที่จะเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เกิดความรู้สึกมีภาวะเพิ่มขึ้น จะจัดเป็นแรงจูงใจที่มาจากสภาวะของร่างกาย ไม่ได้มาจากการเรียนรู้ โดยแรงจูงใจปฐมภูมิ จะสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

2.2.3.4.1 แรงจูงใจของด้านสรีระ คือ แรงจูงใจที่จะเกิดจากสภาวะในตนเองที่ไม่สมดุล โดยมนุษย์จะเกิดความต้องการเพื่อให้กลับสู่ภาวะปกติ เช่น การขับถ่าย ความอยากกินอาหาร ความต้องการในทางเพศ ความต้องการอากาศ การพักผ่อน การรักษาอุณหภูมิของร่างกาย และการหลีกเลี่ยงการเจ็บปวด เป็นต้น

2.2.3.4.2 แรงจูงใจทั่วไป คือ แรงจูงใจที่เกิดขึ้นโดยไม่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางด้านสรีระมากนัก และไม่เกิดจากการเรียนรู้ เช่น การเคลื่อนไหว การทำกิจกรรมต่าง ๆ ความกลัว และความอยากรู้อยากเห็น เป็นต้น

2.2.3.5 กลุ่มที่ 5 แรงจูงใจทุติยภูมิ (Secondary Motive) คือ แรงจูงใจที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ และทำให้เกิดพฤติกรรมที่แตกต่างออกไปตามประสบการณ์ เช่น ในเด็กเล็กจะมีแรงจูงใจเพื่อการมีชีวิตรอด แต่ในวัยผู้ใหญ่จะได้รับการจูงใจจากสิ่งเร้าที่นอกเหนือจากแรงจูงใจปฐมภูมิ เช่น การได้รับอำนาจจากเงิน ความสำเร็จในงาน หรือชีวิตในครอบครัว เป็นต้น ดังนั้น แรงจูงใจทุติยภูมิเป็นแรงจูงใจที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน โดยมีการเรียนรู้เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความต้องการได้รับการยอมรับจากสังคม ซึ่งทำให้บุคคลมีความคล้อยตามและแสดงพฤติกรรมตามมาตรฐานของสังคมหรือกลุ่มที่ตนเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มนั้น ๆ

2.3 การใช้งาน ไคเนค (Kinect)

ไคเนค คือ Motion Controller ของ XBOX ที่สามารถใช้การเคลื่อนไหวร่างกายแทนการควบคุมแบบจอยสติ๊ก (ภูจนา, 2557 : 22) ได้อธิบายส่วนประกอบในเครื่องเล่นไคเนค ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้

2.3.1 IR Emitter คือ ตัวส่งแสงจะปล่อยลำแสงอินฟราเรด

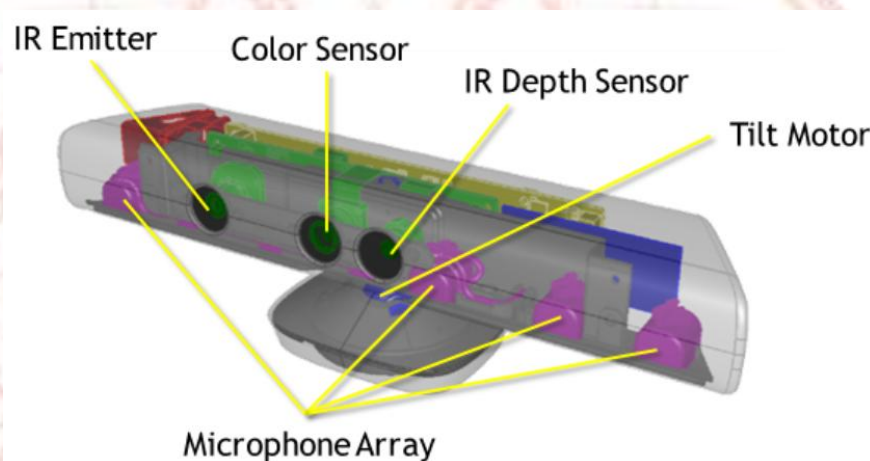
2.3.2 Color Sensor คือ กล้อง RGB จะจัดเก็บข้อมูลสามช่องในความละเอียด 1280×960 ทำให้สามารถจับภาพสีได้

2.3.3 IR Depth Sensor คือ เซ็นเซอร์วัดระยะความลึก จะอ่านลำแสงอินฟราเรดที่สะท้อนกลับมาจะถูกแปลงเป็นข้อมูลวัดระยะความลึก เพื่อวัดระยะห่างระหว่างวัตถุทำให้สามารถถ่ายภาพระยะความลึกได้

2.3.4 Tile Motor คือ เครื่องวัดความเร่ง 3 แกนที่กำหนดค่าสำหรับช่วง 2G โดยที่ G คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง สามารถใช้เครื่องวัดความเร่งเพื่อกำหนดทิศทางปัจจุบันของเครื่องเล่น โคนเนคได้

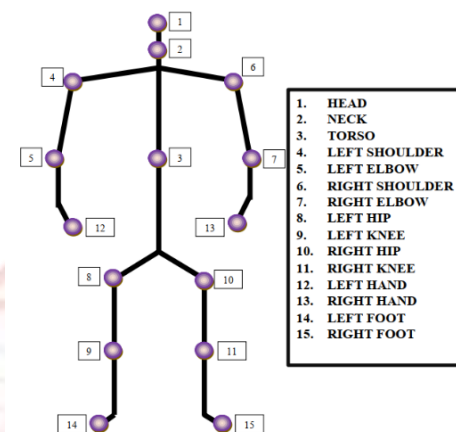
2.3.5 Microphone Array คือ ไมโครโฟนแบบมัลติอาร์เรย์ ประกอบด้วยไมโครโฟน 4 ตัว สำหรับบันทึกเสียง เนื่องจากมีไมโครโฟน 4 ตัว จึงสามารถบันทึกเสียงได้ตลอดจนค้นหาตำแหน่งของ แหล่งกำเนิดเสียง และทิศทางของคลื่นเสียง

แสดงส่วนประกอบภายในเครื่องเล่นโคนเนคได้จากภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 อุปกรณ์ภายในเครื่องเล่นโคนเนค (Alejandra Fonseca .E, 2020)

ซึ่งหลักการทำงานของเครื่องเล่นโคนเนคจะให้หลักการของ Structure light คือ ใช้ IR Emitter ในการปล่อยลำแสงอินฟราเรดไปยังผู้ใช้งานและส่งที่กระทบกับผู้เล่นจะสะท้อนกลับมาที่ตัวรับสัญญาณ หรือก็คือ Monochrome CMOS Sensor จากนั้นซอฟต์แวร์จะประมวลผลระยะห่าง และ ประมวลผลโดยใช้ Depth Map ในการวัดค่าความลึกของภาพ สามารถแปลงความเคลื่อนไหว และการกระทำของผู้ใช้ให้อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัลได้ หลังจากขั้นตอนดังกล่าวเครื่องเล่นโคนเนคจะได้รับภาพ ในภาพทางด้านซ้ายจะเป็นภาพที่รับค่าสี และ ภาพทางด้านขวาจะรับค่าความลึก อีกทั้งเครื่องเล่นโคนเนคสำหรับ XBOX ยังสามารถติดตามผู้ใช้งานได้ถึง 6 คน เล่นเกมด้วยเครื่องเล่นโคนเนคได้พร้อมกัน 2 คน และ ภาพข้อต่อที่ใช้ในชุดข้อมูลร่างกาย 21 จุด รวมถึงความสามารถในการจดจำใบหน้า จดจำเสียงได้ โดยภาพตัวอย่างภาพ RGB และ ภาพความลึกของเซ็นเซอร์โคนเนค แสดงดังภาพที่ 2-2 และ ภาพที่ 2-3



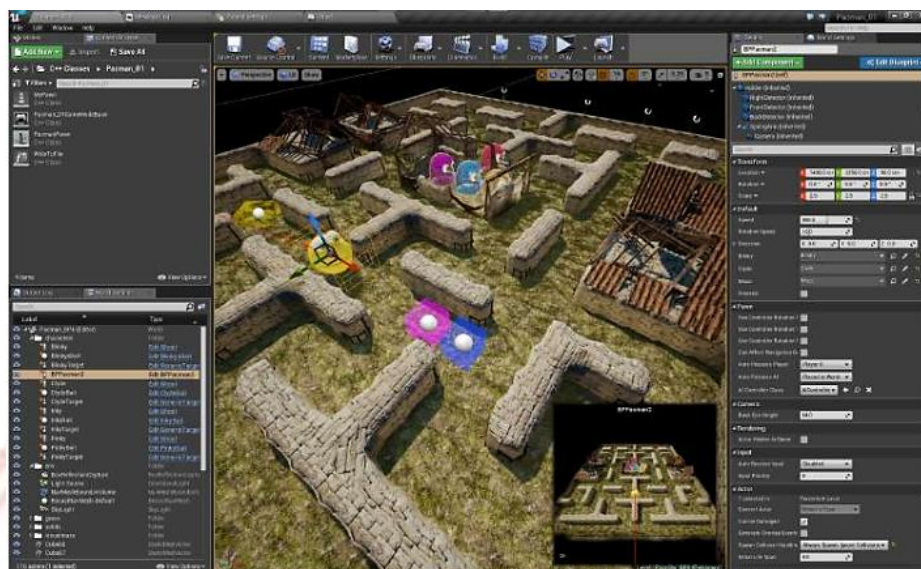
ภาพที่ 2-2 ภาพข้อต่อที่ใช้ในชุดข้อมูลร่างกาย 21 จุด (Eichler .N, 2022)



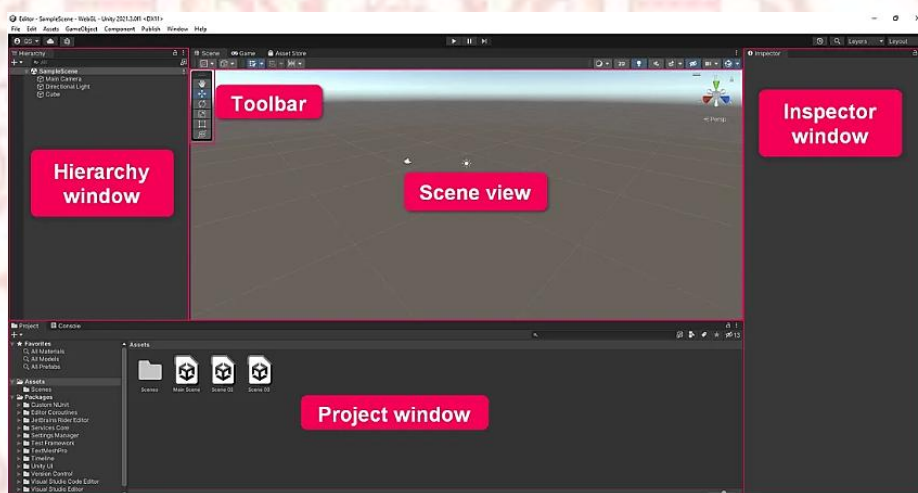
ภาพที่ 2-3 ภาพ RGB และภาพความลึกของเซ็นเซอร์ไคเนค (Eichler .N, 2022)

2.4 การใช้งาน ยูนิตี้ (Unity)

ยูนิตี้ (Antonín Šmíd, 2017 : 11) ได้กล่าวว่า บริษัท Unity Technologies ได้พัฒนาเครื่องมือสร้างเกมที่นิยมใช้กันมากที่สุด รุ่นแรกได้ถูกเปิดตัวในงาน Apple Conference ในปี 2005 ต่อมาได้รับการพัฒนา และรองรับแพลตฟอร์มทั้งหมด 27 แพลตฟอร์มรวมถึง VR จุดเด่นของยูนิตี้ คือ ความง่ายในการใช้งาน โครงสร้างส่วนประกอบของเครื่องมือนี้ง่ายต่อการเข้าใจ ใช้ในการเขียนสคริปต์ในภาษา C# ที่มีประสิทธิภาพ มีชุมชนขนาดใหญ่สำหรับสนทนาแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เต็มไปด้วยคำตอบที่ช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรม และยังมีร้านค้าสินค้าที่เป็นทรัพยากรที่สำคัญในการพัฒนาเกม ซึ่งภาพหน้าจอการทำงานของเกมยูนิตี้ แสดงดังภาพที่ 2-4 และภาพที่



ภาพที่ 2-4 ภาพหน้าจอการทำงานในโปรแกรมยูนิตี้ (Antonin Šmíd, 2017 : 32)



ภาพที่ 2-5 ภาพหน้าจอของโปรแกรม (Unity Editor) (<https://kongruksiam.medium.com>)

2.4.1 Project Window เป็นหน้าต่างที่แสดงโฟลเดอร์และไฟล์ต่าง ๆ ที่เก็บและใช้งานในโปรเจกต์ เช่น โมเดล ภาพ เสียง Scene รวมไปถึง Script ไฟล์ จะเรียกส่วนนี้ว่า Asset หากต้องการนำไฟล์จากด้านนอกมาทำงานต้องลากมาไว้ที่ Project

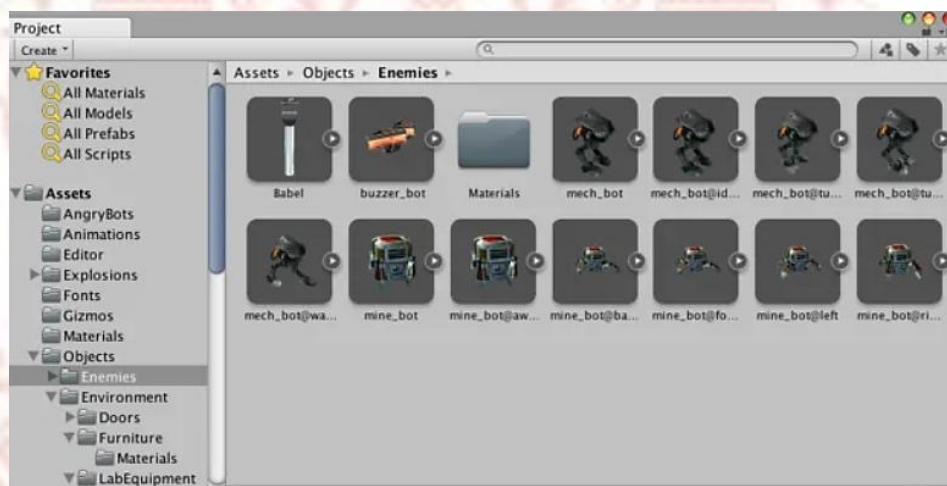
2.4.2 Scene View ส่วนที่ใช้จัดมุมมองในการออกแบบเกมขึ้นอยู่กับว่าจะแสดงมุมมอง 2 มิติ หรือ 3 มิติ รวมไปถึงการปรับแต่งวัตถุใน Scene เช่น การหมุน ย่อ-ขยายวัตถุ นักพัฒนาสามารถที่จะลาก Asset เข้าไปใน Scene View ได้ซึ่งส่วนที่ออกแบบใน Scene จะถูกแสดงในส่วนหน้าจอเกมด้วย

2.4.3 Hierarchy Window ส่วนที่แสดงลำดับชั้นของวัตถุที่ปรากฏใน Scene View โดยจะบอกชื่อวัตถุที่ทำงานภายใน Scene View ว่ามีวัตถุอะไรบ้าง เช่น Main Camera, Direction Light เป็นต้น

2.4.4 Inspector Window หน้าต่างอำนวยความสะดวกในการจัดการของคุณสมบัติทั้งหมดของวัตถุที่เรากำลังทำงานด้วย เช่น การกำหนดตำแหน่ง หมุนย่อ-ขยายวัตถุ การตั้งชื่อวัตถุ การใส่ Tag หรือการเพิ่ม Component ลงไปในวัตถุ เช่น ไฟล์ Script เป็นต้น

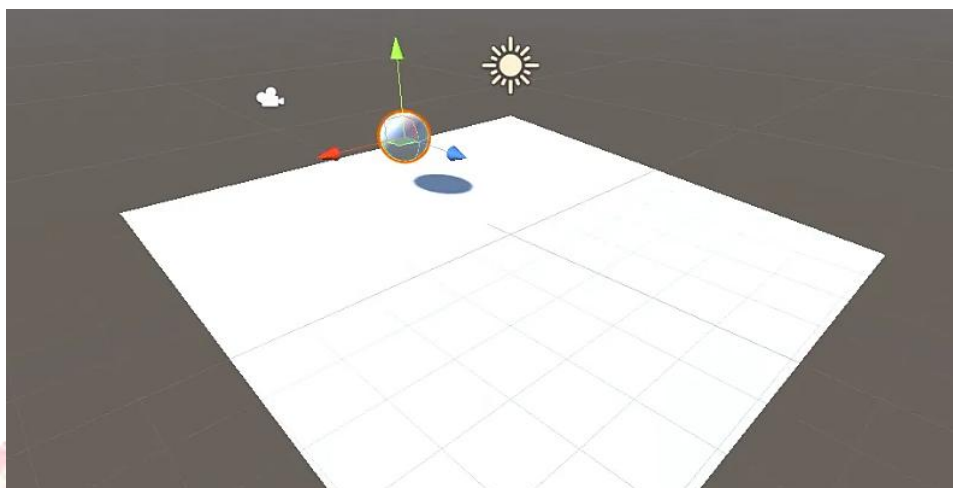
2.4.5 Toolbar แถบเครื่องมือพื้นฐานสำหรับกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ที่อยู่ภายใน Scene เกม เช่น การปรับตำแหน่ง ย่อ-ขยาย หมุน วัตถุการควบคุมการเล่นหรือหยุดเกมและการจัดการบัญชีผู้ใช้

2.4.6 Asset คือ สิ่งที่น่าเข้ามาทำงาน Project สำหรับพัฒนาเกม ยกตัวอย่าง เช่น Model ตัวละคร, Animation, Script, Texture, เสียงและอื่น ๆ ซึ่ง Asset จะถูกเก็บไว้ใน Project มีชื่อไฟล์เดอร์ว่า Assets ถ้าหากไม่ได้อยู่ในโฟลเดอร์นี้ก็ไม่สามารถพัฒนาเกมได้ แสดงดังภาพที่ 2-6



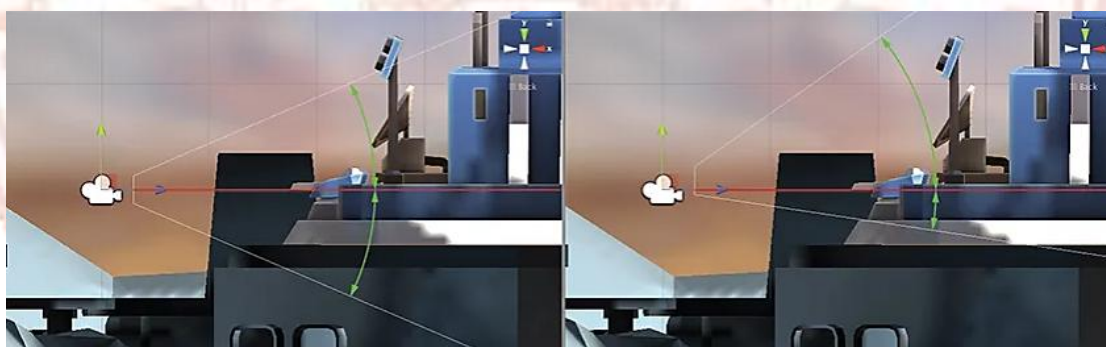
ภาพที่ 2-6 การนำ Model ตัวละคร เข้ามาในโฟลเดอร์ (<https://kongruksiam.medium.com>)

2.4.7 Scene คือ หน้าจอแสดงผล หรือ จากการทำงานของเกมโดยภายในเกมสามารถแบ่งฉากออกเป็นหลาย ๆ ฉากได้ เช่น ฉากเมนู, ฉากเปิดเกม, ฉากเนื้อเรื่อง, ฉากจบเกม เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 2-7



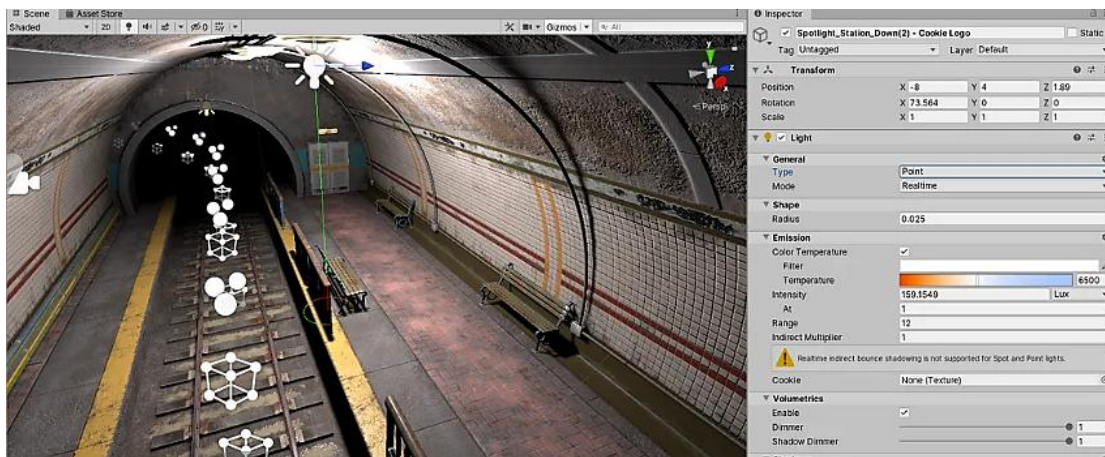
ภาพที่ 2-7 การสร้างฉากการทำงานของเกม (<https://kongruksiam.medium.com>)

2.4.8 Camera คือ กล้องที่ใช้จับภาพต่างๆ ภายในเกม ภาพที่แสดงผลมีมุมมองอย่างไรขึ้นอยู่กับนักพัฒนาเกม โดยภายในเกมสามารถมีกล้องได้มากกว่า 1 ตัว ถ้าไม่มีกล้องก็จะมีภาพปรากฏในเกม แสดงดังภาพที่ 2-8



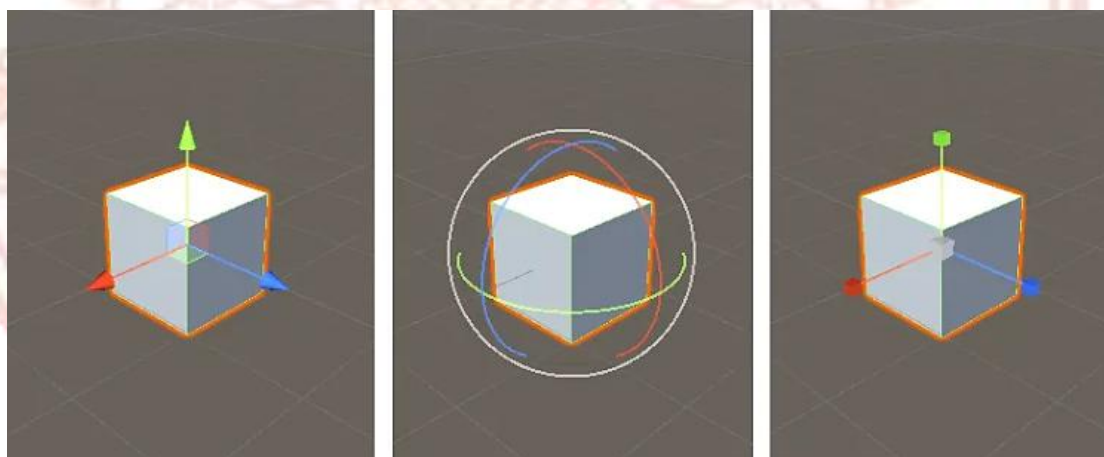
ภาพที่ 2-8 การใช้กล้องจับภาพต่าง ๆ ภายในเกม (<https://kongruksiam.medium.com>)

2.4.9 Light คือ วัตถุประเภทแสง ใช้ปรับความมืดความสว่างภายในเกมรวมถึงเงาของวัตถุหรือ องค์กรประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเกม เช่น คน สัตว์ สิ่งของ เป็นต้น แสดงดังภาพที่ 2-9



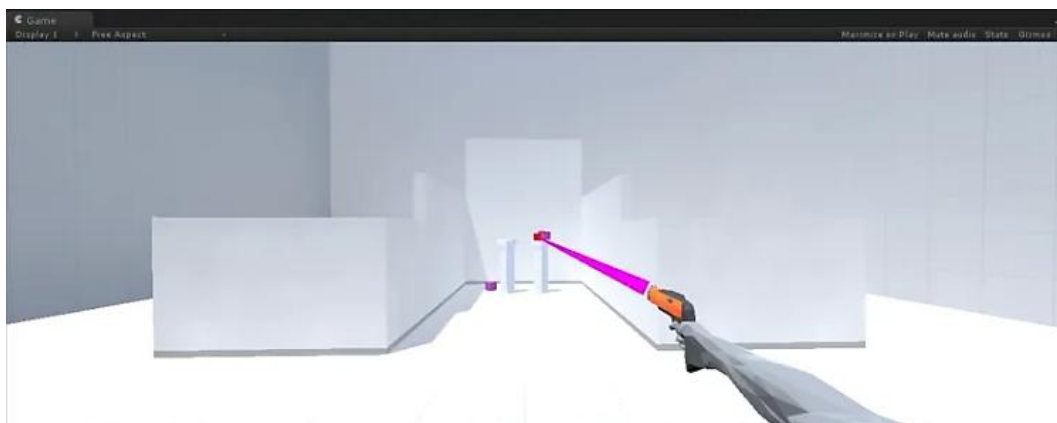
ภาพที่ 2-9 การปรับความมืดและความสว่างภายในเกม (<https://kongruksiam.medium.com>)

2.4.10 Transform คือ Component ที่ต้องมีอยู่ในวัตถุทุกตัวเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ โดยจะเป็นตัวที่เก็บค่า 3 ค่า ได้แก่ Position (ตำแหน่งของวัตถุ), Rotation (การหมุนวัตถุ), Scale (ขนาดของวัตถุ) แสดงดังภาพที่ 2-10



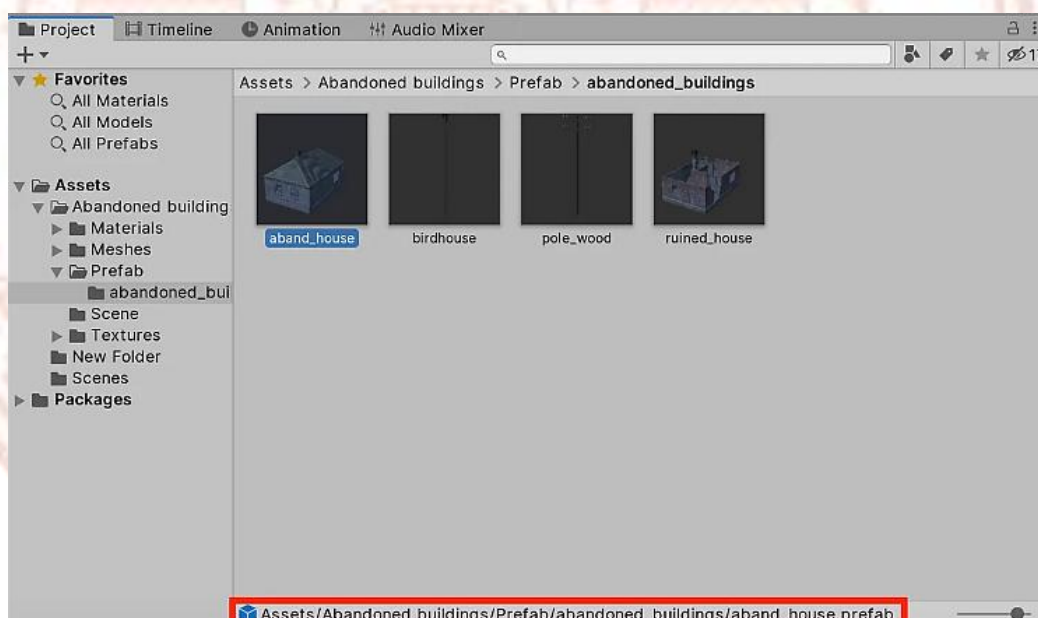
ภาพที่ 2-10 การหาตำแหน่ง การหมุน ขนาดของวัตถุภายในเกม
(<https://kongruksiam.medium.com>)

2.4.11 Ray/RayCast คือ ส่วนที่ใช้ในการจัดการเกี่ยวกับการคำนวณระยะห่างของวัตถุ โดยอาศัย Ray เป็นตัวเช็คการตกระหว่างวัตถุ แล้วจะทำให้เกิด Action สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลาย ๆ อย่างรวมถึงการชนของวัตถุด้วย แสดงดังภาพที่ 2-11



ภาพที่ 2-11 การคำนวณระยะห่างของวัตถุภายในเกม (<https://kongruksiam.medium.com>)

2.4.12 Prefab คือ การสร้าง Game Object ตัวต้นแบบ โดยทำการโคลนนิ่งวัตถุที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการ เพื่อจะนำวัตถุเหล่านั้นมาใช้งานซ้ำโดยไม่ต้องสร้างหรือกำหนดคุณสมบัติหลายครั้ง แสดงดังภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 การโคลนนิ่งวัตถุของวัตถุภายในเกม (<https://kongruksiam.medium.com>)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปว่า เครื่องมือพัฒนาเกมเป็นซอฟต์แวร์ที่อำนวยความสะดวกให้กับผู้พัฒนาเกมในการสร้างเกมได้โดยไม่ต้องมีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟฟิกหรือความรู้ทางภาษาโปรแกรมที่ลึกซึ้งก็สามารถพัฒนาเกมขึ้นได้ หากว่าผู้พัฒนาต้องการให้มีประสิทธิภาพทางกลไกของเกมมากขึ้น สามารถใช้ภาษาทางโปรแกรม เช่น ภาษา C# หรือ JavaScript ในการเขียนคำสั่งต่าง ๆ

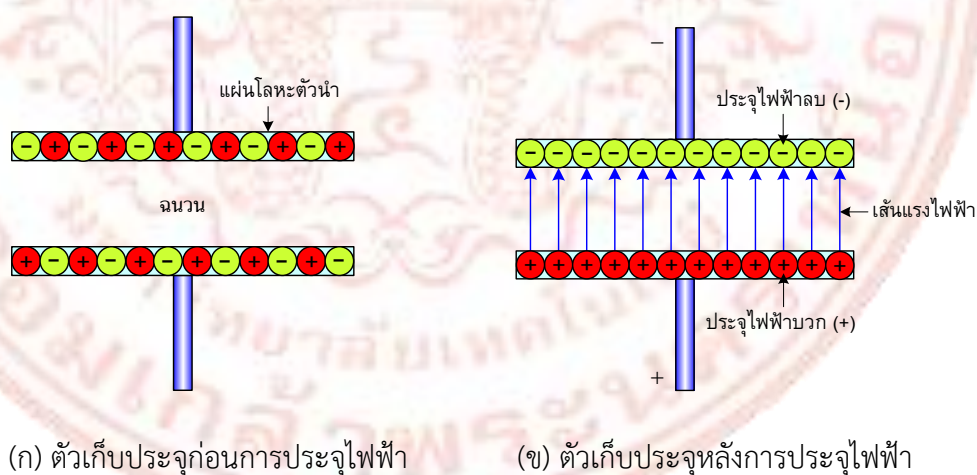
ได้ อีกทั้งเครื่องมือพัฒนาเกมจะมาพร้อมกับเครื่องมือต่าง ๆ ที่ช่วยเหลือในการสร้างเกม จึงไม่จำเป็นต้องสร้างระบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานกราฟิก (GUI) เช่น การเปลี่ยนตำแหน่งวัตถุ การเปลี่ยนพื้นผิวของวัตถุ การขยาย การหมุน ทำให้เครื่องมือพัฒนาเกมช่วยแบ่งเบาภาระจากการทำงาน และลดระยะเวลาให้กับนักพัฒนาเกมยูนิตีในการพัฒนาเกมที่จะนำไปเป็นชุดการเรียนรู้

2.5 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

ตัวเก็บประจุ หรือ คาปาซิเตอร์ (Capacitor ; C) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำไปใช้งานทางด้านไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์ อย่างกว้างขวางกับอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และ ในระบบงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บประจุไฟฟ้า และ ศักย์ไฟฟ้าไว้ในตัวได้ โดยอาศัยคุณสมบัติของประจุไฟฟ้า และ ศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าต่างกันจะดึงดูดกันมาใช้งาน

2.5.1 การเก็บประจุของตัวเก็บประจุ

โดยนำแผ่นโลหะบาง 2 แผ่นมาวางประกบติดกัน มีฉนวนคั่นกลาง จ่ายศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกันให้แผ่นโลหะทั้งสอง จะทำให้เกิดเส้นแรงไฟฟ้าวิ่งเคลื่อนที่ดึงดูดกันจากศักย์ไฟฟ้าที่แผ่นให้แผ่นโลหะทั้งสอง โดยคุณสมบัติจึงเรียกแผ่นโลหะทั้งสองแผ่นที่อยู่ใกล้กันนี้ว่า ตัวเก็บประจุ การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ แสดงดังภาพที่ 2-13

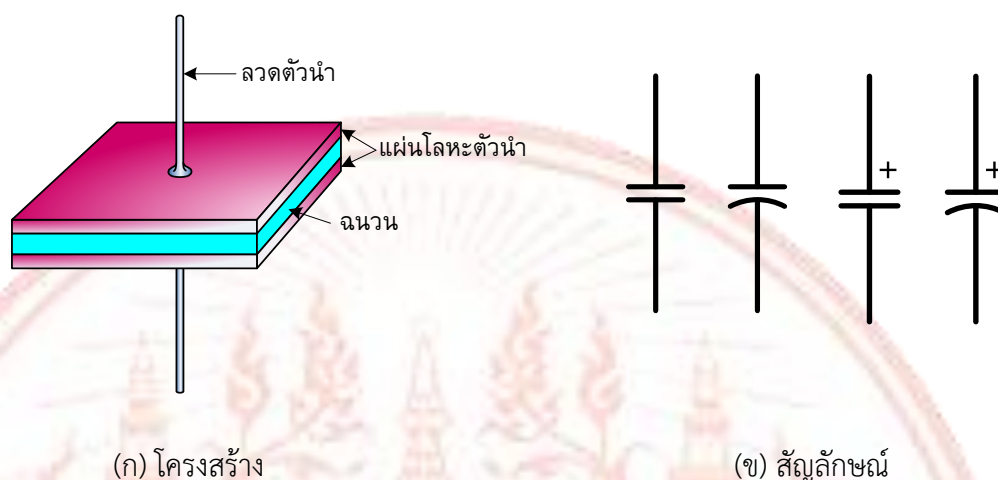


ภาพที่ 2-13 การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ (พันธ์ศักดิ์, 2567 : 170)

2.5.2 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

ประกอบด้วยแผ่นโลหะตัวนำบางสองแผ่น เรียกว่า แผ่นตัวนำ (Conductive Plate) วางขนานชิดกันมีฉนวนไฟฟ้า (Dielectric) วางคั่นกลางแผ่นโลหะตัวนำบางทั้งสอง ทางด้านนอกของแผ่น

โลหะตัวนำบางทั้งสองมีลวดตัวนำเชื่อมต่อไว้แผ่นละเส้น ใช้เป็นขาต่อออกภายนอก เพื่อต่อตัวเก็บประจุไปใช้งาน แสดงดังภาพที่ 2-14



ภาพที่ 2-14 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ (พันธ์ศักดิ์, 2567 : 171)

ตัวเก็บประจุจะการทำงานอยู่ 2 สถานะ คือ สถานะประจุ (Charge) เป็นสถานะที่ตัวเก็บประจุทำการประจุแรงดัน และ ศักย์ไฟฟ้าไว้ในตัวในขณะที่จ่ายแรงดันให้กับตัวเก็บประจุ และ สถานะคายประจุ (Discharge) เป็นสถานะที่ตัวเก็บประจุทำการคายประจุ และ ศักย์ไฟฟ้าที่เก็บไว้ออกมา เมื่อทำการลัดวงจรขาตัวเก็บประจุเข้าด้วยกัน หรือ ต่อเข้าภาระต่าง ๆ

2.5.3 ค่าของตัวเก็บประจุ

ค่าความจุ (Capacitance) ของตัวเก็บประจุ คือ ค่าความสามารถในการเก็บสะสมประจุไฟฟ้าไว้ในตัวเก็บประจุได้น้อยหรือมาก และ ตัวเก็บประจุมีค่าความจุมาก จะสามารถเก็บประจุไว้ในตัวเองได้มาก

ค่าความจุในตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับโครงสร้าง และ ส่วนประกอบที่ใช้ผลิตตัวเก็บประจุตัวนั้น โครงสร้าง และ ส่วนประกอบที่สำคัญส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุมี 3 ส่วน ได้แก่ ระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสอง ขนาดพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะ และ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะ ทำให้ตัวเก็บประจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานมีค่าความจุแตกต่างกันไป และสามารถผลิตขึ้นมาได้จากวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนหลายชนิดลักษณะตัวเก็บประจุหลายชนิด และ หลายขนาด แสดงดังภาพ 2-15



ภาพที่ 2-15 ตัวเก็บประจุหลายชนิด และ หลายขนาด (พันธุ์ศักดิ์, 2567 : 172)

2.5.4 หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตมาใช้งานมีมากมาย ค่าความจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานแตกต่างกันไป ตั้งแต่ค่าต่ำไปจนถึงค่าสูง ความจุของตัวเก็บประจุตามปกติมีหน่วยเป็น ฟารัด (Farad ; F) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใหญ่เกินไป เพราะค่าความจุที่ผลิตออกมาใช้งานมีค่าต่ำกว่าฟารัด จำเป็นต้องแตกหน่วยความจุออกมาให้เป็นหน่วยเล็กลง แบ่งออกเป็นหน่วย ไมโครฟารัด (Microfarad ; μF) นาโนฟารัด (Nanofarad ; nF) และ พิโกฟารัด (Picofarad ; pF) หน่วยใช้งานทั้งหมด เพื่อความสะดวกในการใช้งานของหน่วยวัดต่าง ๆ จึงมีการกำหนดตัวเลขไว้ในรูปเลขยกกำลัง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการบอกค่า เลขยกกำลังที่ใช้งานตัวเก็บประจุ แสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 เลขยกกำลังที่ใช้งานตัวเก็บประจุ (พันธุ์ศักดิ์, 2567 : 180)

ชื่อ	สัญลักษณ์	เลขยกกำลัง	ค่าตัวเลข
มิลลิ (Milli)	m	10^{-3}	0.001
ไมโคร (Micro)	μ	10^{-6}	0.000001
นาโน (Nano)	n	10^{-9}	0.000000001
พิโก (Piccolo)	p	10^{-12}	0.000000000001

2.5.5 การอ่านค่าความจุตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตมาใช้งานแต่ละตัวมีคุณสมบัติในการทำงานแตกต่างกัน ทั้งค่าความจุ ค่าทนแรงดัน และ ค่าความผิดพลาดของความจุ จำเป็นต้องแสดงกำกับไว้ที่ตัวถัง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ถูกต้อง สามารถบอกค่าได้หลายรูปแบบ เช่น บอกค่าที่ออกมาโดยตรง บอกค่าในรูปรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร และ บอกค่าแบบแถบสี เป็นต้น

2.5.5.1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าออกมาโดยตรง

ตัวเก็บประจุที่บอกค่าออกมาโดยตรง จะพิมพ์ค่าความจุอ่านได้โดยตรงค่านั้นไว้ที่ตัวถังตัวเก็บประจุ ค่าความจุที่บอกไว้นิยมบอกค่าในหน่วย พิโคฟารัส (pF) และ ไมโครฟารัด (μF) ซึ่งจะมีหน่วยกำกับไว้หรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ไว้บอกค่าของตัวเก็บประจุแต่ละตัว ตัวเก็บประจุขนาดเล็กที่มีค่าความจุต่ำ ๆ ไม่นิยมแสดงหน่วย เช่น ชนิดเซรามิก หรือ ชนิดฟิล์มพลาสติกต่าง ๆ นิยมบอกค่าในหน่วย pF หรือ μF สังเกตจากตัวเลขที่บอกไว้มีค่าตั้งแต่เลข 1 ขึ้นไป เช่น 1, 1.2, 3.3, 10, 18, 33, 56, 120, และ 680 เป็นต้น จะมีหน่วยเป็น pF และ ถ้าตัวเลขที่บอกไว้มีค่าน้อยกว่าเลข 1 ลงมา เช่น 0.01, 0.022, 0.047, 0.12, 0.39, 0.68 และ 0.82 เป็นต้น จะมีหน่วยเป็น μF ส่วนตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์แบบแปะติด SMD ที่มีขนาดเล็ก นิยมบอกค่าไม่บอกหน่วยไว้เช่นกัน ปกติบอกค่าไว้ในหน่วย μF เพราะมีค่าความจุสูง การอ่านค่าต้องพิจารณาให้รอบคอบเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดของความจุ นิยมบอกค่าไว้เป็น 2 แบบ คือ แบบบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดโดยตรง เช่น $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 10\%$ และ $\pm 20\%$ เป็นต้น อีกแบบบอกค่าเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C, D, E, F, G, J, L และ M เป็นต้น ตัวอักษรแต่ละตัวมีค่าผิดพลาด แสดงดังตาราง 2-2

ตารางที่ 2-2 ตัวอักษรแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความจุ (พินส์คักดี, 2567 : 182)

ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)	ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)
A	± 0.05 pF	H	± 3 %
B	± 1 pF	J	± 5 %
C	± 0.25 pF	K	± 10 %
D	± 0.5 pF	L	± 15 %
E	± 0.5 %	M	± 20 %
F	± 1 %	N	± 30 %
G	± 2 %	Z	-20 ถึง +80%

การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าโดยตรงตามค่าต่อไปนี้ (พินส์คักดี, 2567 : 183)



อ่านค่าได้ ความจุ 0.1 μF ทนแรงดันได้ 63 VDC



อ่านค่าได้ ทนแรงดันได้ 450 V ความจุ 470 μF



อ่านค่าได้ ทนแรงดันได้ 3 kV ความจุ 470 pF ค่าผิดพลาด $\pm 10\%$

2.5.5.2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร

2.5.5.2.1 ตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร ที่กำกับไว้บนตัวเก็บประจุ บอกค่าไว้ในรูปรหัส ไม่สามารถอ่านค่าออกมาได้โดยตรง การอ่านค่าจำเป็นต้องแปลงรหัสให้กลับมาเป็นค่าความจุเสียก่อน จึงสามารถอ่านออกมาได้ รหัสค่าความจุมักเป็นตัวเลข 3 ตัว เขียนเรียงกันไป และอาจตามด้วยตัวอักษร 1 ตัว เพื่อแสดงค่าความผิดพลาดของความจุ ตัวเลขที่แสดงไว้ต้องไม่เป็นทศนิยม ไม่ขึ้นต้นด้วยเลขศูนย์

2.5.5.2.2 การอ่านค่ารหัสความจุ อ่านจากตัวเลขซ้ายมือไปขวามือ ตัวเลข 2 ตัวแรกด้านซ้ายอ่านค่าออกมาได้โดยตรง ตัวเลขที่ 3 แสดงจำนวนเลขศูนย์ที่ต้องเติมเข้าไป อ่านค่าความจุออกเป็นหน่วย pF ส่วนตัวอักษรที่แสดงค่าไว้เป็นค่าความผิดพลาดของความจุ สามารถใช้ค่าในตารางที่ 2-2 มาใช้อ่านค่า

การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าไว้ด้วยรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร (พันธค์กดี, 2567 : 184)



อ่านค่าได้ $10 \times 10,000 \text{ pF} = 100,000 \text{ pF}$
แปลงหน่วยจะได้ $= 0.1 \mu\text{F}$



อ่านค่าได้ ความจุ 15 pF ค่าผิดพลาด J = $\pm 5\%$



อ่านค่าได้ $20 \times 100 \text{ pF} = 2,000 \text{ pF}$
ค่าผิดพลาด M = $\pm 20\%$ ทนแรงดันได้ 12 kV

2.5.5.3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี

ตัวเก็บประจุแสดงค่าเป็นแถบสีนิยมใช้กับตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม ซึ่งจะมีแบบ 3 แถบสี และ 5 แถบสี วิธีการอ่านก็จะคล้าย ๆ กับการอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน การอ่าน

ค่าตัวเก็บประจุ แบบ 3 แถบสี แถบสีที่ 1 และ แถบสีที่ 2 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์ และการอ่านค่าตัวเก็บประจุ แบบ 5 แถบสี แถบสีที่ 1 แถบสีที่ 2 แถบสีที่ 3 และ แถบสีที่ 4 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 5 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์

การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบแถบสี (บุญสืบ และ ศุภโชค, 2562 :

107)



อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3

แถบที่ 2 สีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 6

แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 0

แถบสีที่ 1 และ แถบสีที่ 2 จะเป็นตัวตั้ง

แถบสีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์

จะอ่านค่าได้ 36 pF



อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีแดง มีค่าเท่ากับ 2

แถบที่ 2 สีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 5

แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 6

แถบสีที่ 1 และ แถบสีที่ 2 จะเป็นตัวตั้ง

แถบสีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์

จะอ่านค่าได้ 25,000,000 pF หรือ แปลงค่าจะได้ 25 μ F



อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีเหลือง มีค่าเท่ากับ 4

แถบที่ 2 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3

แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 0

แถบที่ 4 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3

แถบที่ 5 สีแดง มีค่าเท่ากับ 2

แถบสีที่ 1 แถบสีที่ 2 แถบสีที่ 3 และ แถบสีที่ 4 จะเป็นตัวตั้ง

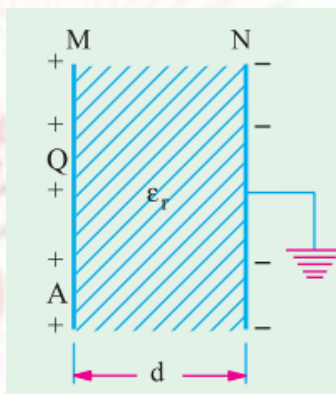
แถบสีที่ 5 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์

จะอ่านค่าได้ 430,300 pF หรือ แปลงค่าจะได้ 0.43 μ F

2.5.6 ตัวเก็บประจุแบบแผ่นขนาน

2.5.6.1 แผ่นไดอิเล็กตริกสม่ำเสมอ-ปานกลาง

ตัวเก็บประจุแผ่นขนานที่ประกอบด้วยแผ่น M และ N จำนวน 2 แผ่น ซึ่งแต่ละแผ่นมีพื้นที่ $A \text{ m}^2$ คั่นด้วยความหนา d เมตรของตัวกลางที่มีค่าการอนุญาติสัมพัทธ์ ϵ_r แสดงในภาพที่ 2-16 หากให้ประจุ $+Q$ คูლობบด้วยแผ่น M ฟลักซ์ที่ผ่านตัวกลางคือ $\psi = Q$ คูლობบ ความหนาแน่นของฟลักซ์ในตัวกลาง คือ



ภาพที่ 2-16 การหาความหนา d ของตัวกลางที่มีค่าการอนุญาติสัมพัทธ์

(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005 : 216)

$$D = \frac{\psi}{A} = \frac{Q}{A}$$

ความเข้มข้นของไฟฟ้า $E = V/d$ และ $D = \epsilon E$

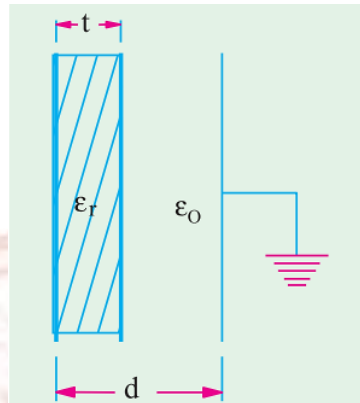
หรือ
$$\frac{Q}{A} = \epsilon \frac{V}{d} \quad \therefore \quad \frac{Q}{A} = \frac{\epsilon A}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad \text{ฟารัด} \quad - \text{ในระดับบกลาง} \quad (2-1)$$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad \text{ฟารัด} \quad - \text{โดยมีอากาศเป็นตัวกลาง}$$

2.5.6.2 แผ่นไดอิเล็กตริกตัวกลางประกอบด้วยอากาศบางส่วน

ตัวกลางประกอบด้วยอากาศบางส่วนและแผ่นไดอิเล็กตริกที่มีด้านขนานบางส่วนซึ่งมีความหนา t และค่าสัมพัทธ์ของการอนุญาติ ϵ_r ความหนาแน่นของฟลักซ์ไฟฟ้า $D = Q/A$ เท่ากันในทั้งสองตัวกลาง แต่ความเข้มไฟฟ้าแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 2-17



ภาพที่ 2-17 การหาความหนา d ของตัวกลางประกอบด้วยอากาศบางส่วน

(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005 : 216)

$$E_1 = \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_r} \quad - \text{ในระดับกลาง}$$

$$E_2 = \frac{D}{\epsilon_0} \quad - \text{ในอากาศ}$$

$p.d.$ ระหว่างแผ่น

$$V = E_1 t + E_2 (d - t)$$

$$= \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_r} t + \frac{D}{\epsilon_0} (d - t) = \frac{D}{\epsilon_0} \left(\frac{t}{\epsilon_r} + d - t \right)$$

$$= \frac{Q}{\epsilon_0 A} [d - (t - t/\epsilon_r)]$$

$$\text{หรือ} \quad \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{[d - (t - t/\epsilon_r)]} \quad \text{หรือ} \quad C = \frac{\epsilon_0 A}{[d - (t - t/\epsilon_r)]} \quad (2-2)$$

หากตัวกลางเป็นอากาศทั้งหมด ความจะเป็น $C = \epsilon_0 A/d$ จากสมการ (2-2) เมื่อนำแผ่นไดอิเล็กตริกที่มีความหนา t และค่าสัมประสิทธิ์การอนุญาตสัมพัทธ์ ϵ_r เข้ามาอยู่ระหว่างแผ่นของตัวเก็บประจุอากาศ ความจุจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากจาก สมการที่ (2-3) ตัวส่วนจะลดลง ระยะห่างระหว่างแผ่นจะลดลงอย่างมีประสิทธิภาพเป็น $(t - \frac{t}{\epsilon_r})$ เพื่อให้ความจุกลับคืนสู่ค่าเดิม

แผ่นตัวเก็บประจุจะต้องแยกออกจากกันมากขึ้นในอากาศ ดังนั้น การแยกใหม่ระหว่างแผ่นทั้งสองจึงเกิดขึ้นจะได้ $[d + (t - \frac{t}{\epsilon_r})]$

การกำหนดสมการที่ 2-1 ข้างต้นสามารถเขียนเป็น $C = \frac{\epsilon_0 A}{d / \epsilon_r}$

หากช่องว่างระหว่างแผ่นเต็มไปด้วยแผ่นที่มีความหนาและค่าสัมประสิทธิ์การอนุญาตต่างกัน

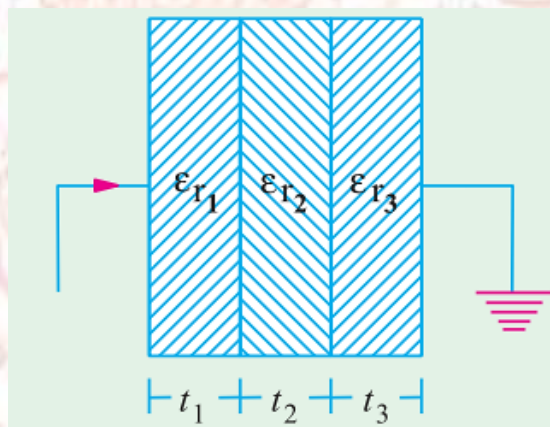
ก็สามารถสรุปการแสดงออกข้างต้นเป็น $C = \frac{\epsilon_0 A}{\sum d / \epsilon_r}$

ความจุของตัวเก็บประจุที่แสดงภาพที่ 2-18 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{(\frac{d_1}{\epsilon_{r1}} + \frac{d_2}{\epsilon_{r2}} + \frac{d_3}{\epsilon_{r3}})}$$

2.5.6.3 แผ่นไดอิเล็กทริกแบบผสม

สมการข้างต้นสามารถอนุมานได้โดยอิสระตามที่กำหนดไว้หาก V_1 คือความต่างศักย์ไฟฟ้ารวมระหว่างแผ่นตัวเก็บประจุ และ V_1, V_2, V_3 คือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างแผ่นไดอิเล็กทริกทั้งสามแผ่น แสดงดังภาพที่ 2-18



ภาพที่ 2-18 การหาค่าความจุของตัวเก็บประจุแผ่นไดอิเล็กทริกทั้งสามแผ่น

(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005: 217)

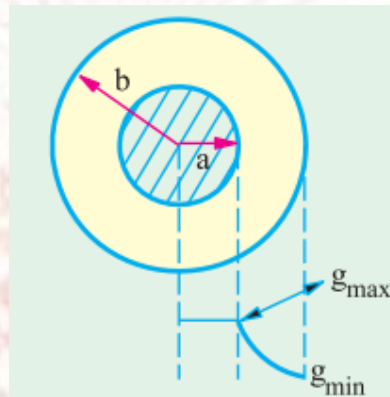
$$V = V_1 + V_2 + V_3 = E_1 t_1 + E_2 t_2 + E_3 t_3$$

$$= \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_{r1}} \cdot t_1 + \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_{r2}} \cdot t_2 + \frac{D}{\epsilon_0 \epsilon_{r3}} \cdot t_3$$

$$= \frac{D}{\epsilon_0} \left(\frac{t_1}{\epsilon_{r1}} + \frac{t_2}{\epsilon_{r2}} + \frac{t_3}{\epsilon_{r3}} \right) = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \left(\frac{t_1}{\epsilon_{r1}} + \frac{t_2}{\epsilon_{r2}} + \frac{t_3}{\epsilon_{r3}} \right)$$

$$\therefore C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 A}{\left(\frac{t_1}{\epsilon_{r1}} + \frac{t_2}{\epsilon_{r2}} + \frac{t_3}{\epsilon_{r3}} \right)}$$

2.5.7 ความชันศักย์ไฟฟ้าในตัวเก็บประจุทรงกระบอก



ภาพที่ 2-19 หาค่าความชันศักย์ไฟฟ้าในตัวเก็บประจุทรงกระบอก

(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005: 223)

จากภาพที่ 2-19 ในตัวเก็บประจุแบบสายเคเบิล $E = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon_r x} V/m$

โดยที่ x คือระยะทางจากแกนกระบอกสุปไปยังจุดที่กำลังพิจารณา

$$E = g \quad \therefore \quad g = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon_r x} V/m \quad (2-3)$$

จากภาพที่ 2-19 พบว่า $V = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon_r} \log_e \left(\frac{b}{a} \right)$ หรือ $Q = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r V}{\log_e \left(\frac{b}{a} \right)}$

แทนค่า Q นี้ในสมการที่ (2-3) จะได้

$$g = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r V}{\log_e \left(\frac{b}{a} \right) \times 2\pi\epsilon_0\epsilon_r x} V/m \quad \text{หรือ} \quad g = \frac{V}{x \log_e \left(\frac{b}{a} \right)} V/m$$

หรือ

$$g = \frac{V}{2.3 \log_{10} \left(\frac{b}{a} \right)} V/m$$

จะเห็นได้ชัดว่าการไล่ระดับศักย์ภาพจะแปรผกผันตามค่า x ค่าต่ำสุดของ

$x = a$ ดังนั้นค่าสูงสุดของความชันศักย์ คือ

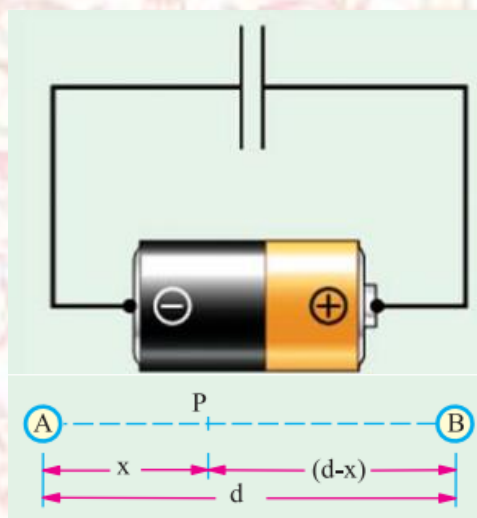
$$g_{\max} = \frac{V}{2.3 \times \log_{10}\left(\frac{b}{a}\right)} V/m \quad (2-4)$$

และ

$$g_{\max} = \frac{V}{2.3b \log_{10}\left(\frac{b}{a}\right)} V/m$$

2.5.7 ความจุระหว่างสายคู่ขนานสองเส้น

กรณีนี้มีความสำคัญในทางปฏิบัติสำหรับสายส่งไฟฟ้า ระบบที่ง่ายที่สุดคือระบบ 2 สาย ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ ในกรณีของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ หากสายส่งไฟฟ้ามีความยาวและแรงดันไฟฟ้าสูง กระแสชาร์จที่สายส่งไฟฟ้าตั้งเนื่องจากความจุระหว่างตัวนำไฟฟ้าจะสูงมากและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานอย่างมาก โดยแสดงดังภาพที่ 2-20



ภาพที่ 2-20 การชาร์จตัวเก็บประจุโดยการเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่

(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005 : 224)

d = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของสาย A และ B

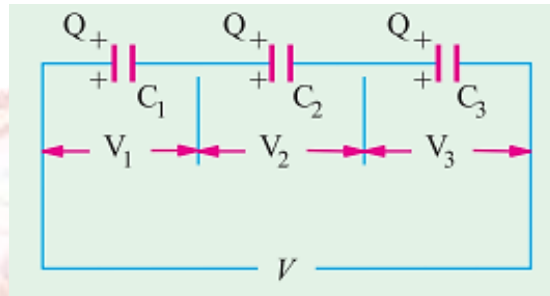
r = รัศมีของเส้นลวดแต่ละเส้น ($\geq d$)

Q = ประจุเป็นคูลอมบ์/เมตรของสายไฟแต่ละเส้น

พิจารณาความเข้มไฟฟ้าที่จุด P ใดๆ ระหว่างตัวนำ A และ B ความเข้มไฟฟ้าที่ P เนื่องจากประจุ $+Q$ คูลอมบ์/เมตร บน A คือ ถ้าประจุบน A เท่ากับ $+Q$ แล้วประจุบน B จะเป็น $-Q$

2.5.8 ตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

เมื่อตัวเก็บประจุรวมกันแบบอนุกรม ประจุบนตัวเก็บประจุทั้งหมดจะเท่ากัน แต่แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะแตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 2-21



ภาพที่ 2-21 วงจรไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005: 226)

โดยที่

C_1, C_2, C_3 = ความจุของตัวเก็บประจุสามตัว

V_1, V_2, V_3 = แรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุสามตัว

V = แรงดันไฟฟ้ารวม

C = ความจุรวม

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

หรือ

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

หรือ

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

สำหรับการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ใช้

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV_1}{dt} + \frac{dV_2}{dt} + \frac{dV_3}{dt}$$

สามารถหาค่า V_1, V_2 และ V_3 ในรูปของ V ได้โดย $Q = C_1 V_1 = C_2 V_2 = C_3 V_3 = CV$

จะได้

$$C = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1} = \frac{C_1 C_2 C_3}{\Sigma C_1 C_2}$$

∴

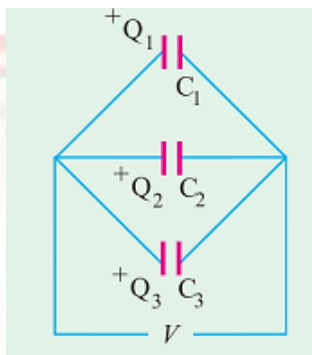
$$C_1 V_1 = CV \quad \text{หรือ} \quad V_1 = V \frac{C}{C_1} = V \cdot \frac{C_2 C_3}{\Sigma C_1 C_2}$$

หรือจะได้

$$V_2 = V \cdot \frac{C_1 C_3}{\Sigma C_1 C_2} \quad \text{และ} \quad V_3 = V \cdot \frac{C_1 C_2}{\Sigma C_1 C_2}$$

2.5.9 ตัวเก็บประจุแบบขนาน

ตัวเก็บประจุแบบขนานในกรณีรวมกันจะได้เท่ากัน แต่ประจุในแต่ละอันจะต่างกัน แสดงดังภาพที่ 2-22



ภาพที่ 2-22 วงจรไฟฟ้าของตัวเก็บประจุแบบขนาน

(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005: 226)

หรือ

หรือ

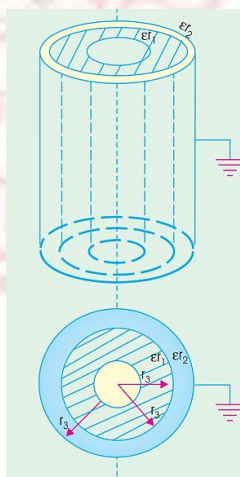
$\therefore$

$$VQ = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$CV = C_1V + C_2V + C_3V$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

2.5.9 ตัวเก็บประจุแบบทรงกระบอกพร้อมสารไดอิเล็กตริกผสม



ภาพที่ 2-23 ตัวเก็บประจุแบบทรงกระบอก (S.G. TARNEKAR, 2005 : 231)

ตัวเก็บประจุแบบทรงกระบอกพร้อมสารไดอิเล็กตริกผสม แสดงในภาพที่ 2-23

r_1 = รัศมีของแกน

r_2 = รัศมีของฉนวนไฟฟ้าภายใน ϵ_{r1}

r_3 = รัศมีของฉนวนไฟฟ้าภายนอก ϵ_{r2}

เห็นได้ชัดว่ามีตัวเก็บประจุสองตัวเชื่อมต่อกันแบบอนุกรม

จะได้
$$C_1 = \frac{0.024\epsilon_{r1}}{\log_{10}(r_2/r_1)} \mu F / km \quad \text{และ} \quad C_2 = \frac{0.024\epsilon_{r2}}{\log_{10}(r_3/r_2)} \mu F / M$$

ความจุรวมจะได้
$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

สำหรับตัวเก็บประจุที่เชื่อมต่อแบบอนุกรม ประจุจะเท่ากัน

$$\therefore Q = C_1 V_1 = C_2 V_2$$

หรือ
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{\epsilon_{r1} \log_{10}(r_3/r_2)}{\epsilon_{r1} \log_{10}(r_2/r_1)}$$

จากความสัมพันธ์สามารถหา V_1 และ V_2 ได้

และจะได้
$$g_{\max} \text{ ในตัวเก็บประจุภายใน } \frac{V_1}{2, 3r_1 \log_{10}(r_2/r_1)}$$

$$g_{\max} \text{ ในตัวเก็บประจุภายนอก } \frac{V_2}{2, 3r_2 \log_{10}(r_2/r_1)}$$

$$\therefore \frac{g_{\max}}{g_{\max}} = \frac{V_1}{2, 3r_1 \log_{10}(r_2/r_1)} \div \frac{V_2}{2, 3r_2 \log_{10}(r_2/r_1)}$$

$$= \frac{V_1 V_2}{\frac{V_2}{r_2} \times \frac{\log_{10}(r_3)}{\log_{10}(r_2)}} = \frac{C_2 r_2}{C_1 r_1} \times \frac{\log_{10}(r_3)}{\log_{10}(r_2)}$$

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{C_2}{C_1}$$

เมื่อใส่ค่า C_1 และ C_2 จะได้

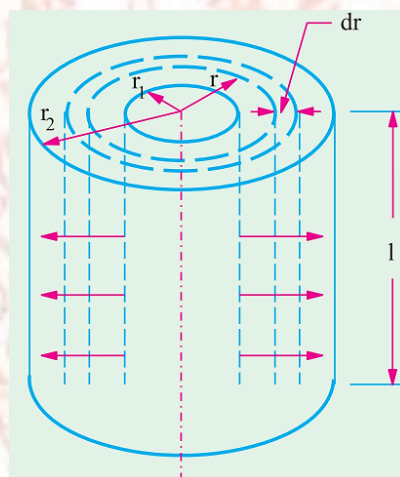
$$\frac{g_{\max}}{g_{\max}} = \frac{0.024\epsilon_{r2}}{\log_{10}(r_3/r_2)} \times \frac{\log_{10}(r_3/r_2)}{0.024\epsilon_{r1}} = \frac{r_2}{r_1} \times \frac{\log_{10}(r_2/r_1)}{\log_{10}(r_2/r_1)}$$

$$\therefore \frac{g_{\max 1}}{g_{\max 2}} = \frac{\epsilon_{r2} \cdot r_2}{\epsilon_{r1} \cdot r_1}$$

ดังนั้น ความต่างศักย์ไฟฟ้าจึงแปรผกผันกับค่าการอนุญาตและรัศมีภายในของวัสดุฉนวน

2.5.10 ความต้านทานฉนวนของตัวเก็บประจุสายเคเบิล

ในตัวเก็บประจุสายเคเบิล กระแสไฟฟ้าที่มีประโยชน์จะไหลไปตามแกนของแกนกลาง แต่จะมีการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าอยู่เสมอ การรั่วไหลนี้เป็นแบบรัศมี คือ ตั้งฉากกับการไหลของกระแสไฟฟ้าที่มีประโยชน์ ความต้านทานที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าในแนวรัศมีนี้ เรียกว่าความต้านทานฉนวนของสายเคเบิล หากความยาวของสายเคเบิลยาวขึ้น การรั่วไหลก็จะมากขึ้นด้วย หมายความว่ากระแสไฟฟ้าจะรั่วไหลมากขึ้น ความต้านทานฉนวนจะลดลง พบว่าความต้านทานฉนวนจะแปรผกผันกับความยาวของสายเคเบิล ความต้านทานฉนวนนี้ ไม่ควรสับสนกับความต้านทานของตัวนำซึ่งแปรผันโดยตรงกับความยาวของสายเคเบิล แสดงภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2-24 การคำนวณหาความต้านทานฉนวนของตัวเก็บประจุสายเคเบิล
(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005 : 232)

พิจารณาสายเคเบิลแกนเดียวที่มีรัศมีด้านใน r_1 และรัศมีด้านนอก r_2 ยาว 1 เมตร ภาพที่ 2-24 วงแหวนที่มีรัศมี ' r ' และความหนาแนวรัศมี ' dr ' หากความต้านทานของวัสดุฉนวนคือ ρ ความต้านทานของวงแหวนแคบนี้จึงเท่ากับ

$$dR = \frac{\rho dr}{2\pi \times l} = \frac{\rho dr}{2\pi r l}$$

∴ ความต้านทานฉนวนของสายเคเบิลความยาว 1 เมตร คือ

$$\int dR = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho dr}{2\pi r l} \quad \text{หรือ} \quad R = \frac{\rho}{2\pi r l} \left| \log_e(r) \right|_{r_1}^{r_2}$$

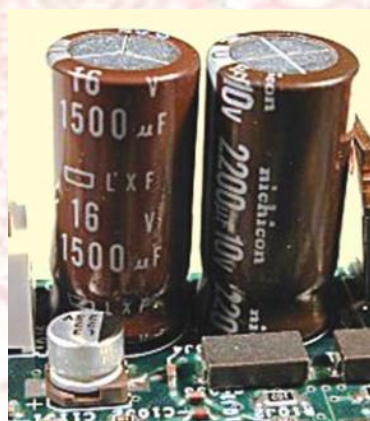
$$R = \frac{\rho}{2\pi r l} \left(\frac{r_2}{r_1} \right) = \frac{2.3\rho}{2\pi l} \log_{10} \left(\frac{r_2}{r_1} \right) \Omega$$

ข้อควรสังเกต

- (1) R จะแปรผกผันกับความยาวสายเคเบิล
- (2) R ขึ้นอยู่กับอัตราส่วน r_2 / r_1 ไม่ใช่ความหนาของฉนวน

2.5.11 พลังงานที่เก็บไว้ในตัวเก็บประจุ

การชาร์จตัวเก็บประจุ จะเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานบางส่วนโดยหน่วยงานชาร์จ พลังงานจะถูกเก็บไว้ในสนามไฟฟ้าสถิตที่สร้างขึ้นในตัวกลางไดอิเล็กตริก เมื่อตัวเก็บประจุคายประจุ สนามจะยุบตัวลงและพลังงานที่เก็บไว้จะถูกปล่อยออกมา การเริ่มต้นเมื่อตัวเก็บประจุไม่มีประจุ การถ่ายโอนประจุจากแผ่นหนึ่งไปยังอีกแผ่นหนึ่งจะเกิดขึ้น แต่จะต้องแบ่งประจุเพิ่มเติมเพื่อต้านแรงผลักที่เกิดจากประจุที่สะสมอยู่บนแผ่นตัวเก็บประจุแล้ว ให้อาพลังงานที่ใช้ในการชาร์จตัวเก็บประจุที่มีความจุ C ให้มีแรงดันไฟฟ้า v ในขั้นตอนการชาร์จใด ๆ ก็ตาม $p.d.$ ข้ามแผ่นคือ v ตามคำจำกัดความ จะเท่ากับงานที่ทำในการเลื่อน 1 คูลอมบ์จากแผ่นหนึ่งไปยังอีกแผ่นหนึ่ง ' dq ' ถูกถ่ายโอนประจุในครั้งต่อไปในการทำงาน แสดงดังภาพที่ 2-25



ภาพที่ 2-25 ตัวเก็บประจุบนเมนบอร์ด (B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005: 233)

โดยที่ $dW = v.dq$

ดังนั้น $d = Cv \quad \therefore \quad dq = C.dv \quad \therefore \quad dW = Cv.dv$

การทำงานในการให้หน่วยศักย์ V คือ

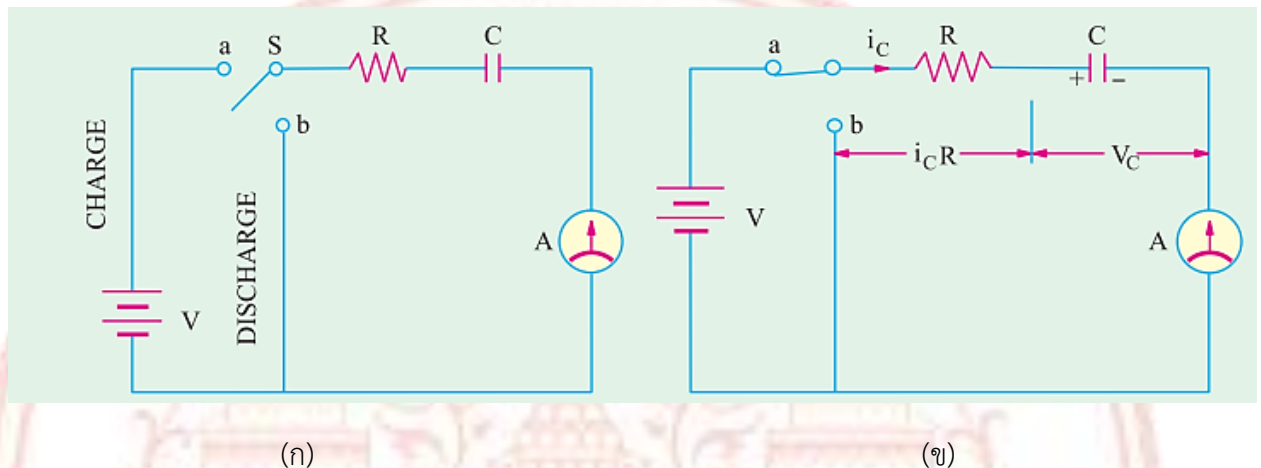
$$W = \int_0^V Cv.dv = C \left| \frac{V^2}{2} \right|_0^V \quad \therefore \quad W = \frac{1}{2} CV^2$$

หาก C มีหน่วยเป็นฟารัด และ v มีหน่วยเป็นโวลต์ ดังนั้น

$$W = \frac{1}{2}CV^2 \text{ จูล} = \frac{1}{2}QV \text{ จูล} = \frac{Q^2}{2C} \text{ จูล}$$

หาก Q มีหน่วยเป็นคูลอมบ์และ C มีหน่วยเป็นฟารัด พลังงานที่เก็บไว้จะระบุเป็นจูล

2.5.12 พลังงานที่เก็บไว้ในตัวเก็บประจุ



ภาพที่ 2-26 การชาร์จตัวเก็บประจุ (B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005: 240)

จากภาพที่ 2-26 (ก) แสดงการจัดเรียงตัวเก็บประจุ C ที่สามารถชาร์จผ่าน R ที่มีความต้านทานสูงจากแบตเตอรี่ V โวลต์ แรงดันไฟฟ้าตรงกันข้าม C สามารถวัดได้ด้วยโวลต์มิเตอร์ที่เหมาะสมเมื่อสวิตช์ S เชื่อมต่อกับขั้ว (ก) C จะถูกชาร์จ แต่เมื่อเชื่อมต่อกับขั้ว b , C จะเกิดการลัดวงจรผ่าน R และถูกปล่อยประจุ ดังที่แสดงในภาพที่ 2.29 (ข) สวิตช์ S จะถูกเลื่อนไปที่ a เพื่อชาร์จตัวเก็บประจุสำหรับแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้า C จะไม่เพิ่มขึ้นเป็น V ในทันที แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ กล่าวคือ แบบเลขชี้กำลัง ไม่ใช่เชิงเส้น กระแสชาร์จ i_c จะสูงสุดในตอนเริ่มต้น คือ เมื่อ C ไม่ถูกชาร์จ จะลดลงแบบเลขชี้กำลังและหยุดในที่สุดเมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าข้ามแผ่นตัวเก็บประจุเท่ากันและตรงข้ามกับแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ ในเวลาใดก็ตามระหว่างการชาร์จ

$$V_C = p.d. \text{ ตรงข้าม } C; i_c = \text{ กระแสไฟชาร์จ}$$

$$q = \text{ ประจุบนแผ่นตัวเก็บประจุ}$$

แรงดันไฟฟ้าที่ใช้จะเท่ากับผลรวมของ ความต้านทานลดลง ($i_c R$) และสมการที่ (2-6) แรงดันไฟฟ้าข้ามตัวเก็บประจุ (V_C)

$$\therefore v = i_c R + v_C \quad (2-5)$$

ในขณะที่ $i_c = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Cv_c) = C \frac{dv_c}{dt}$

$$\therefore V = V_c + CR \frac{dv_c}{dt} \quad (2-6)$$

หรือ $-\frac{dv}{V-v_c} = -\frac{dt}{CR}$

เมื่อรวมทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน จะได้

$$\int \frac{-dV_c}{V-v_c} = -\frac{1}{CR} \int dt;$$

$$\therefore \log_c(V-v_c) = -\frac{t}{CR} + K \quad (2-7)$$

โดยที่ K คือค่าคงที่ของการอินทิเกรต ค่านี้สามารถหาได้จากเงื่อนไขเริ่มต้นที่

เมื่อเริ่มชาร์จเมื่อ $t=0, v_c=0$ แทนในสมการที่ (2-7) จะได้ $\log_c V = K$

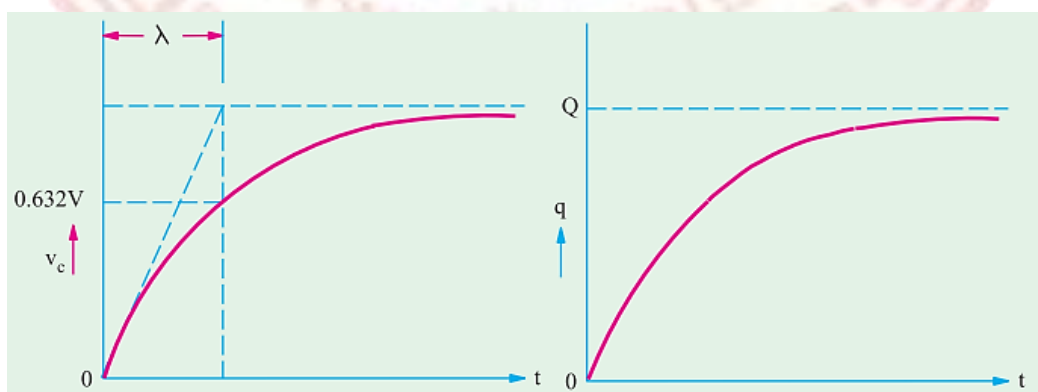
ดังนั้นสมการที่ (2-7) จะเป็น

$$\log_c(V-v_c) = \frac{-t}{CR} + \log_c V$$

หรือ $\log_c\left(\frac{V-v_c}{V}\right) = \frac{-t}{CR} = -\frac{1}{\lambda} = CR = \text{ค่าคงที่ของเวลา}$

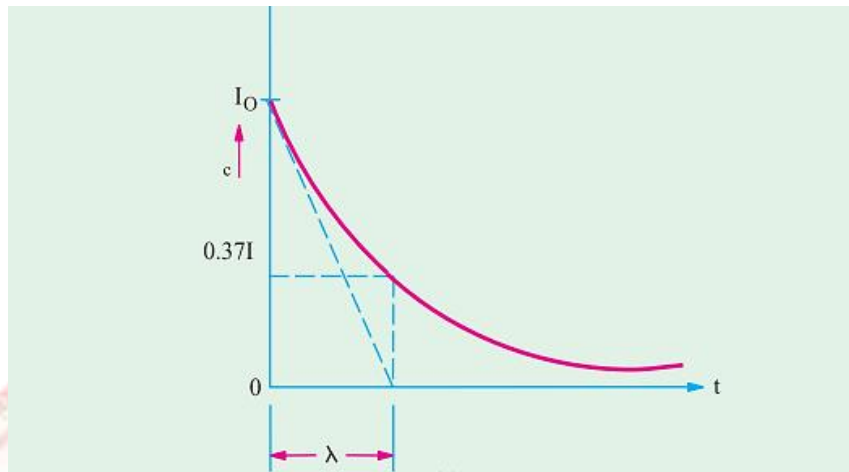
$$\therefore \frac{V-v_c}{V} = e^{-t/\lambda} \text{ หรือ } v_c = V(1-e^{-t/\lambda}) \quad (2-8)$$

การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของแรงดันไฟฟ้าบนแผ่นตัวเก็บประจุ แสดงไว้ในภาพที่ 2-27



(ก)

(ข)



(ค)

ภาพที่ 2-27 การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของแรงดันไฟฟ้าบนแผ่นตัวเก็บประจุ
(B.L. THERAJA and A.K. THERAJA, 2005 : 232)

ขณะนี้ $v_c = q/C$ และ $V = Q/C$

$$\text{สมการที่ (2-8) จะได้ } \frac{q}{C} = \frac{Q}{C}(1 - e^{-t/\lambda}) \quad \therefore q = Q(1 - e^{-t/\lambda}) \quad (2-9)$$

พบว่าการเพิ่มขึ้นของประจุ เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของศักย์ เป็นไปตามกฎเลขชี้กำลังซึ่งค่าคงที่จะเกิดขึ้นหลังจากเวลาไม่สิ้นสุด จากภาพที่ 2-27 (ข) ขณะนี้ $i_c = dq/dt$ เมื่อแยกความแตกต่างทั้งสองข้างของสมการที่ (2-9) จะได้

$$\begin{aligned} \frac{dq}{dt} = i_c &= Q \frac{d}{dt}(1 - e^{-t/\lambda}) = Q(+\frac{1}{\lambda}e^{-t/\lambda}) \\ &= \frac{Q}{\lambda}e^{-t/\lambda} = \frac{CV}{CR}e^{-t/\lambda} \quad (\because Q = CV \text{ และ } \lambda = CR) \\ \therefore i_c &= \frac{V}{R}e^{-t/\lambda} \quad \text{หรือ} \quad i_c = I_0e^{-t/\lambda} \end{aligned} \quad (2-10)$$

โดยที่ $I_0 =$ กระแสสูงสุด $= V/R$ เส้นโค้งที่เพิ่มขึ้นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสำหรับ v_c และ q แสดงอยู่ในดังภาพที่ 2-27 (ก) และ (ข) ตามลำดับภาพที่ 2-27 (ค) แสดงเส้นโค้งสำหรับกระแสการชาร์จที่ลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล โดยเฉพาะอย่างยิ่งควรสังเกตว่า i_c มีขนาดลดลงเท่านั้น

เมื่อการชาร์จดำเนินต่อไป กระแสการชาร์จจะลดลงตามสมการที่ (2-10) แสดงดังภาพที่ 2-27 (ค) กระแสจะกลายเป็นศูนย์เมื่อ $t = \infty$ แม้ว่าจะเกือบจะเป็นศูนย์ในค่าคงที่เวลา

ประมาณ 5 ค่าก็ตาม ในสภาวะคงที่ วงจรจะปรากฏเป็นตัวเก็บประจุเท่านั้น ซึ่งหมายความว่า จะทำหน้าที่เป็นวงจรเปิดในทำนองเดียวกัน สามารถพิสูจน์ได้ว่า v_R ลดลงจากค่าสูงสุดเริ่มต้นที่ V เป็นศูนย์แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ตามที่กำหนดโดยความสัมพันธ์

เมื่อการชาร์จดำเนินต่อไป กระแสการชาร์จจะลดลงตามสมการที่ (2-10) แสดงดังภาพที่ 2-27 (ค) กระแสจะกลายเป็นศูนย์เมื่อ $t = \infty$ แม้ว่าจะเกือบจะเป็นศูนย์ในค่าคงที่เวลาประมาณ 5 ค่าก็ตาม ในสภาวะคงที่ วงจรจะปรากฏเป็นตัวเก็บประจุเท่านั้น ซึ่งหมายความว่า จะทำหน้าที่เป็นวงจรเปิดในทำนองเดียวกัน สามารถพิสูจน์ได้ว่า v_R ลดลงจากค่าสูงสุดเริ่มต้นที่ V เป็นศูนย์แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ตามที่กำหนดโดยความสัมพันธ์ $v_R = Ve^{-t/\lambda}$

2.5.12 ค่าคงที่ของเวลา

ในช่วงเริ่มต้นการชาร์จ ค่า $p.d.$ ตรงข้ามตัวเก็บประจุจะเป็นศูนย์ ดังนั้นจากสมการที่ (2-6) ให้ $v_C = 0$ จะได้ $V = CR \frac{dv_C}{dt}$

$\therefore$ อัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าเริ่มต้นข้ามตัวเก็บประจุคือ $V = \left(\frac{dv_C}{dt}\right)_{t=0} = \frac{V}{CR} = \frac{V}{\lambda} V/s$

หากอัตราการเพิ่มขึ้นนี้ยังคงรักษาไว้ เวลาที่ใช้ในการเข้าถึงแรงดันไฟฟ้า V จะเป็น $V + V/CR = CR$ เวลานี้เรียกว่าค่าคงที่เวลา (λ) ของวงจรนอกจากนี้ยังสามารถพบได้โดยการแยกสมการที่ (2-8) เทียบกับเวลาแล้วกำหนด $t = 0$

ดังนั้นค่าคงที่เวลาของวงจร $R-C$ จึงถูกกำหนดให้เป็นเวลาที่แรงดันไฟฟ้าข้ามตัวเก็บประจุจะถึงค่าสูงสุด V หากตัวเก็บประจุรักษาอัตราการเพิ่มขึ้นเริ่มต้นไว้ในสมการที่ (2-8) ถ้า $t = \lambda$ ดังนั้น

$$v_C = V(1 - e^{-t/\lambda}) = V(1 - e^{-1}) = V(1 - 0.368) = V(0.632) = 0.632V$$

ดังนั้นค่าคงที่ของเวลาอาจกำหนดให้เป็นเวลาที่แรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นจริงถึง 0.632 ของค่าคงที่สุดท้ายสร้างสมการที่ 2-8 โดยใส่ $t = \lambda$ จะได้

$$i_C = I_0 e^{-t/\lambda} = I_0 e^{-1} = I_0 / 2.718 \cong 0.37 I_0$$

ดังนั้นค่าคงที่ของวงจรคือเวลาที่กระแสชาร์จลดลงเหลือ 0.37 ของค่าสูงสุดเริ่มต้น (หรือลดลง 0.632 ของค่าเริ่มต้น)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 Tadiboyina, V.R., Deepak, B.B.V.L., Bisht, D.S. (2024) ได้ศึกษาการออกแบบและประเมินผลตัวอักษรโต้ตอบท่าทางการเรียนรู้เกมดิจิทัล เพื่อการเรียนรู้ตามเกมและการใช้กิจกรรมการมีส่วนร่วมแบบหลายรูปแบบ ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการพัฒนาเกมจับตัวอักษรดิจิทัลที่ใช้ Kinect สำหรับการฝึกตัวอักษรภาษาอังกฤษของผู้เรียนกับกลุ่มควบคุม (CG) กับกลุ่มแทรกแซง (IG) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้เกี่ยวกับตัวอักษรทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการแทรกแซงฝึกตามเกม จากการศึกษาพบว่า ในการประเมินหลังจากแทรกแซงพบว่าผู้เรียน IG มีผลการทดสอบดีกว่าผู้เรียน CG อย่างชัดเจน ในระหว่างการตอบรับหลังการแทรกแซง ผู้เรียนและครู ส่วนใหญ่พูดถึงการใช้เกมจับใจความเชิงบวก และ ระบุว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพ ผู้เรียน IG อย่างมีนัยสำคัญนั้นเกิดจากการแทรกแซงนี้ หลังการแทรกแซง ครูยังรายงานว่าแรงจูงใจ และ การมีส่วนร่วมของผู้เรียน IG ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างเซสชันในชั้นเรียนปกติ

2.6.2 Zarraonandia, T., Díaz, P., Aedo, I., Bellucci, A. (2024) ได้ศึกษาแนวคิดสถานการณ์สำหรับประสบการณ์การเรียนรู้ผ่านเกมที่ผสมผสานความเป็นจริง เพื่อสร้างชุดเครื่องมือที่ไม่ต้องเขียนโปรแกรมซึ่งมอบภาษาภาพและอินเทอร์เฟซนามธรรมเพื่อสร้างต้นแบบของการโต้ตอบแบบโครสเรียลลิตีได้อย่างรวดเร็ว ชุดเครื่องมือนี้รองรับการสร้างต้นแบบประสบการณ์และอนุญาตให้ผู้ออกแบบสร้างสถานการณ์ที่มีความหมายร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาในขณะที่พวกเขาสร้างทดลองใช้ และกำหนดค่าต้นแบบใหม่ จากการศึกษาพบว่า ผลกระทบต่อการออกแบบปฏิสัมพันธ์ข้ามความเป็นจริงในสถานศึกษาที่กระตุ้นให้เกิดการวิจัยและการพัฒนาด้านเทคโนโลยีเพิ่มเติม

2.6.3 Raihana, F.A., Setiawan, H., Kabetta, H., Qomariasih, N. (2024) ได้ศึกษาการนำการเรียนรู้แบบเกมไปใช้เพื่อเพิ่มความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยต่อการโจมตีทางไซเบอร์ของเด็ก เพื่อออกแบบแอปพลิเคชันการเรียนรู้บนเกมเป็นสื่อการศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจของเด็กเกี่ยวกับอาชญากรรมการดูแลเด็กทางไซเบอร์ผ่านการใช้การออกแบบการเรียนรู้บนเกมดิจิทัล แอปพลิเคชันจะได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับความต้องการของเด็กเล็ก จากการศึกษาพบว่า ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้แอปพลิเคชันเกมเพื่อการศึกษาในงานวิจัยนี้สามารถมีส่วนสนับสนุนอย่างมากในการเพิ่มความเข้าใจของเด็กเกี่ยวกับอาชญากรรมล่อลวงเด็กทางไซเบอร์ สื่อเกมเพื่อการศึกษาเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่น่าสนใจ และ เป็นประโยชน์สำหรับเด็ก ๆ ในการทำความเข้าใจความเสี่ยง และ การดำเนินการป้องกันที่จำเป็นสำหรับการใช้อินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัย

2.6.4 Kunovic, I., Filipovic, I., Sovic Krzic, A. (2024) ได้ศึกษาการสอนแนวคิดเกี่ยวกับหุ่นยนต์ (Besiege) แนวทางแบบเกมเพื่อพัฒนาทักษะการออกแบบและการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาทักษะการออกแบบและการแก้ไขปัญหาในด้านการศึกษาทางวิศวกรรมและคอมพิวเตอร์ การศึกษานี้

ใช้แนวทางแบบผสมผสานสำหรับการประเมิน เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงในความรู้และตัวชี้วัด ประสิทธิภาพของผู้เรียนที่เน้นประสิทธิภาพการออกแบบ และ ความสามารถในการเขียนโปรแกรม จากการศึกษาพบว่า สภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบโต้ตอบและดื่มด่ำดังกล่าวสามารถเสริมวิธีการสอน แบบดั้งเดิมได้อย่างมีนัยสำคัญและอาจปฏิวัติการศึกษาด้านหุ่นยนต์ได้มีส่วนสนับสนุนต่อสาขา เทคโนโลยีการศึกษาที่กำลังพัฒนาโดยแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้จริงและประโยชน์ของการเรียนรู้ แบบเกมในการศึกษาด้านเทคนิค

2.6.5 Kersánszki, T., Márton, Z., Fenyvesi, K., Lavicza, Z., Holik, I. (2024) ได้ศึกษา การนำการเรียนรู้ผ่านเกมมาประยุกต์ใช้กับพลังงานหมุนเวียน Minecraft ในระบบการศึกษา STEAM เพื่อสามารถทำได้โดยใช้วิธีการสอนแบบโต้ตอบและเชิงประสบการณ์ใหม่ การเรียนรู้ตามเกม Minecraft เป็นวิดีโอเกมแบบมัลติแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมในหมู่ผู้เรียน และสามารถนำไปใช้ในการ ศึกษาตามเกมได้ การประยุกต์ใช้ Minecraft ในการศึกษาบูรณาการด้าน STEAM โดยใช้ตัวอย่าง การสอนหัวข้อเฉพาะ จากการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้การเรียนรู้ตามเกมกับ Minecraft ประสบ ความสำเร็จในการเพิ่มความสนใจของนักเรียน เพิ่มแรงจูงใจ เชี่ยวชาญเนื้อหาความรู้ แก้ปัญหาอย่างมี ประสิทธิภาพ และ ร่วมมือกันทำงาน เพื่อบรรลุเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน

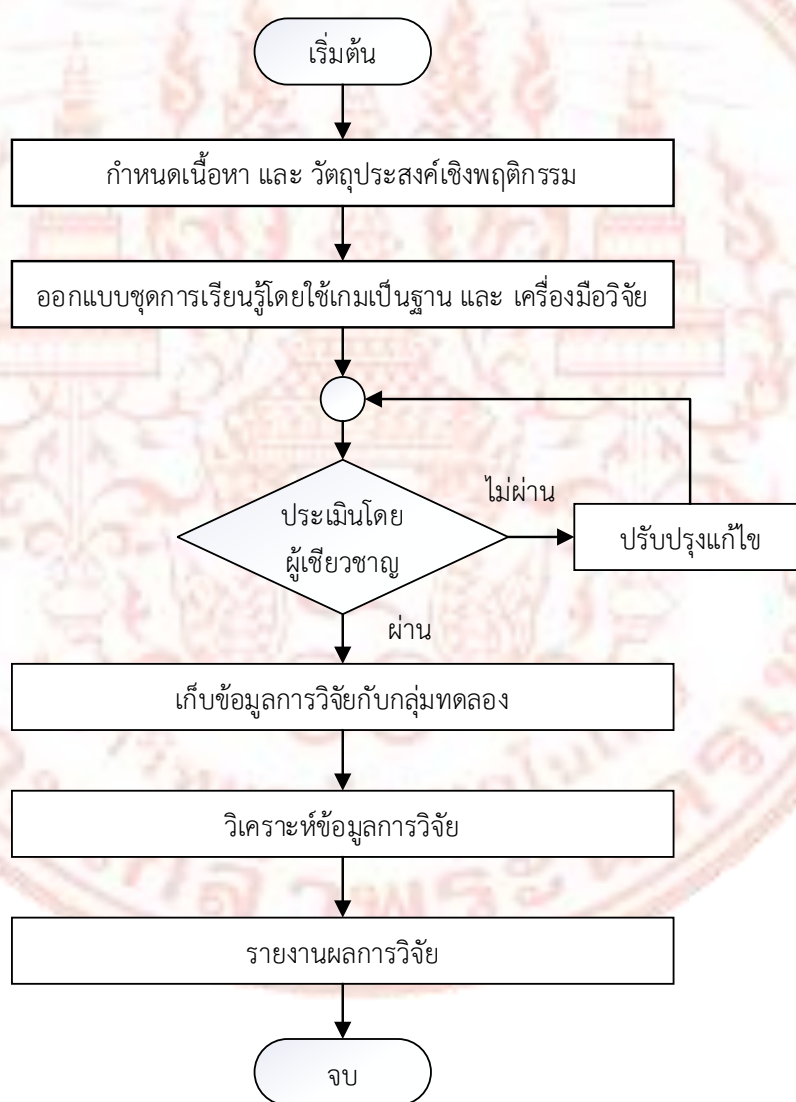
2.6.6 Khan, N., Muhammad, K., Hussain, T., ... Imran, A.S., Sajjad, M. (2021) ได้ ศึกษากลยุทธ์การเรียนรู้ตามเกมที่ปรับเปลี่ยนได้เพื่อศึกษาและฝึกฝนความปลอดภัยบนท้องถนน สำหรับเด็กในพื้นที่เสมือนจริง เพื่อให้เด็ก ๆ เรียนรู้เกี่ยวกับกฎจราจร และ ฝึกฝนที่บ้านโดยไม่ต้อง เสี่ยงต่อการสัมผัสสภาพแวดล้อมภายนอก มุ่งหวังที่จะลดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เกี่ยวข้องกับเด็ก ๆ และมีส่วนสนับสนุนด้านการดูแลสุขภาพโดยรวม สมจริงแบบเปิดกว้างโดยใช้ VR และ เซ็นเซอร์ Kinect โดยใช้เกม Unity ซึ่งเด็ก ๆ จะได้รับการศึกษา และ มีส่วนร่วมในแบบฝึกหัดความปลอดภัย บนท้องถนน ระบบที่เสนอใช้แนวคิดของ VR ในสภาพแวดล้อมที่เหมือนเกม จากการศึกษาพบว่า ผล การทดลองแสดงให้เห็นถึงผลเชิงบวกของระบบที่เสนอในการปรับปรุงพฤติกรรมการข้ามถนน

2.6.7 Al Zahrani, M., Fawzy, M. (2020) ได้ศึกษาวิศวกรรมการศึกษาเกม กรณีศึกษาของ การสร้างแบบจำลองเกมจริยธรรมทางวิศวกรรม เพื่อพัฒนาเกม VR ที่ตอบสนองความต้องการ มุ่งเน้นไปที่การทำความเข้าใจความต้องการของระบบของเกม VR สำหรับการศึกษาทางวิศวกรรมโดย ใช้จริยธรรมทางวิศวกรรมเป็นกรณีศึกษา การตรวจสอบทำความเข้าใจ จากการศึกษาพบว่า ผู้เรียน ผู้สอน และ ที่ปรึกษาได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีอีกด้วย งานในอนาคต ได้แก่ การ ตรวจสอบความถูกต้องของโมเดล การสร้างเกมต้นแบบเกม และ การนำไปใช้งานโดยใช้ข้อเสนอแนะ ของผู้เรียน และ นักการศึกษาเกี่ยวกับเกม VR

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีกระบวนการ รวมถึงวิธีดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ตั้งไว้ ดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ผังงานวิธีดำเนินการวิจัย

จากภาพที่ 3.1 ผังงานวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้ เริ่มต้นเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการวิจัย กำหนดเนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ระบุเนื้อหาของเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุในแต่ละแบบที่ต้องการวิจัย และกำหนดเป้าหมายพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้น ออกแบบชุดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ และเครื่องมือในการวิจัย พร้อมออกแบบเครื่องมือที่ใช้งานการวิจัยมีดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ชุดการเรียนรู้เกม ใบเนื้อหา ใบงาน พาวเวอร์พอยต์ แบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ทั้งหมด 5 ท่าน ในการตรวจสอบคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ และเครื่องมือ ถ้า ไม่ผ่าน ต้องปรับปรุงแก้ไข แล้วกลับไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินอีกครั้ง ถ้าผ่าน ก็ดำเนินการเก็บข้อมูลต่อไป ในการเก็บข้อมูลการวิจัยกับกลุ่มทดลอง นำชุดการเรียนรู้ไปให้กับกลุ่มเป้าหมาย และเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แล้วนำข้อมูลการวิจัยไปวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัย แล้วทำรายงานการวิจัย สรุปและนำเสนอผลการวิจัย จบสิ้นสุดกระบวนการวิจัย

3.1 กลุ่มผู้เข้าร่วมในการวิจัย

3.1.1 กลุ่มผู้เข้าร่วมในการวิจัย ใช้ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคนิคช่างเทคนิคช่างทอง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับภาคเรียนที่ 1/2567 ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 15 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบเกมเป็นฐานในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ประกอบด้วย จุดประสงค์เชิงทั่วไป จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รายละเอียดเนื้อหาในภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ สื่อที่ใช้ประกอบการสอน และ ขั้นตอนการสอนกิจกรรมการจัดกิจกรรมของครูผู้สอนและกิจกรรมของผู้เรียน โดยแบ่งเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้ 1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน 2. ชี้นการสอน 3. ชี้นก่อนใช้เกม 4. ชี้นระหว่างการใช้เกม 5. ชี้นประเมินผลการเรียน และ 6. ชี้นสรุปผลการเรียน

3.2.2 ชุดการเรียนรู้เกม เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยใช้ Kinect ตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายในการควบคุมเกม และ ใช้โปรแกรม Unity เพื่อสร้างชุดการเรียนรู้ในรูปแบบของเกม

3.2.3 ใบเนื้อหา ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ประกอบด้วยหัวข้อเรื่องดังนี้ การเก็บประจุของตัวเก็บประจุ โครงสร้างของตัวเก็บ

ประจุ ค่าความจุของตัวเก็บประจุ หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ และ การอ่านค่าความจุตัวเก็บประจุ โดยมี 3 แบบ แบบที่ 1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าออกมาโดยตรง แบบที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร และ แบบที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี

3.2.4 ใบงาน ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มี 10 ข้อ ให้ผู้เรียนแสดงวิธีทำการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 3 แบบ โดยแบบที่ 1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าออกมาโดยตรง มี 4 ข้อ แบบที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร มี 3 ข้อ และ แบบที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี มี 3 ข้อ

3.2.5 พาวเวอร์พอยต์ ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ประกอบด้วยหัวข้อเรื่องดังนี้ การเก็บประจุของตัวเก็บประจุ โครงสร้างของตัวเก็บประจุ ค่าความจุของตัวเก็บประจุ หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ และ การอ่านค่าความจุตัวเก็บประจุ โดยมี 3 แบบ แบบที่ 1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าออกมาโดยตรง แบบที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร และ แบบที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี

3.2.6 แบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียน ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ จะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ

3.2.7 แบบประเมินระดับแรงจูงใจต่อการจัดการเรียนรู้เกมเป็นฐาน จำนวน 15 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านความสนใจ (Attention) 5 ข้อ ด้านความเกี่ยวข้อง (Relevance) 3 ข้อ ด้านความมั่นใจ (Confident) 2 ข้อ และ ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) 5 ข้อ เป็นประมาณค่ามี 5 ระดับ แบบลิเคิร์ต (Likert rating scales) (ศศิธร และ ศุภชัย, 2566)

3.2.8 แบบประเมินเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จำนวน 23 ข้อ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาของบทเรียน 10 ข้อ ด้านคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 10 ข้อ และ ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 ข้อ เป็นประมาณค่า 5 ระดับ แบบลิเคิร์ต (Likert rating scales) (ศศิธร และ ศุภชัย, 2566)

หลังจากสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินความเหมาะสมในการนำเครื่องมือในการวิจัยไปทดลองใช้ และ ความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์ กับ ข้อคำถามของแบบทดสอบ (IOC : Index of item objective congruence) ด้วยวิธีการของ Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1976) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา และ สมการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังต่อไปนี้

ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน +1 หมายถึง คำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

เมื่อได้ผลการประเมินความสอดคล้องแล้วให้นำผลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณหาค่าความสอดคล้อง ดังสมการต่อไปนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-1)$$

โดยที่

IOC หมายถึง ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์

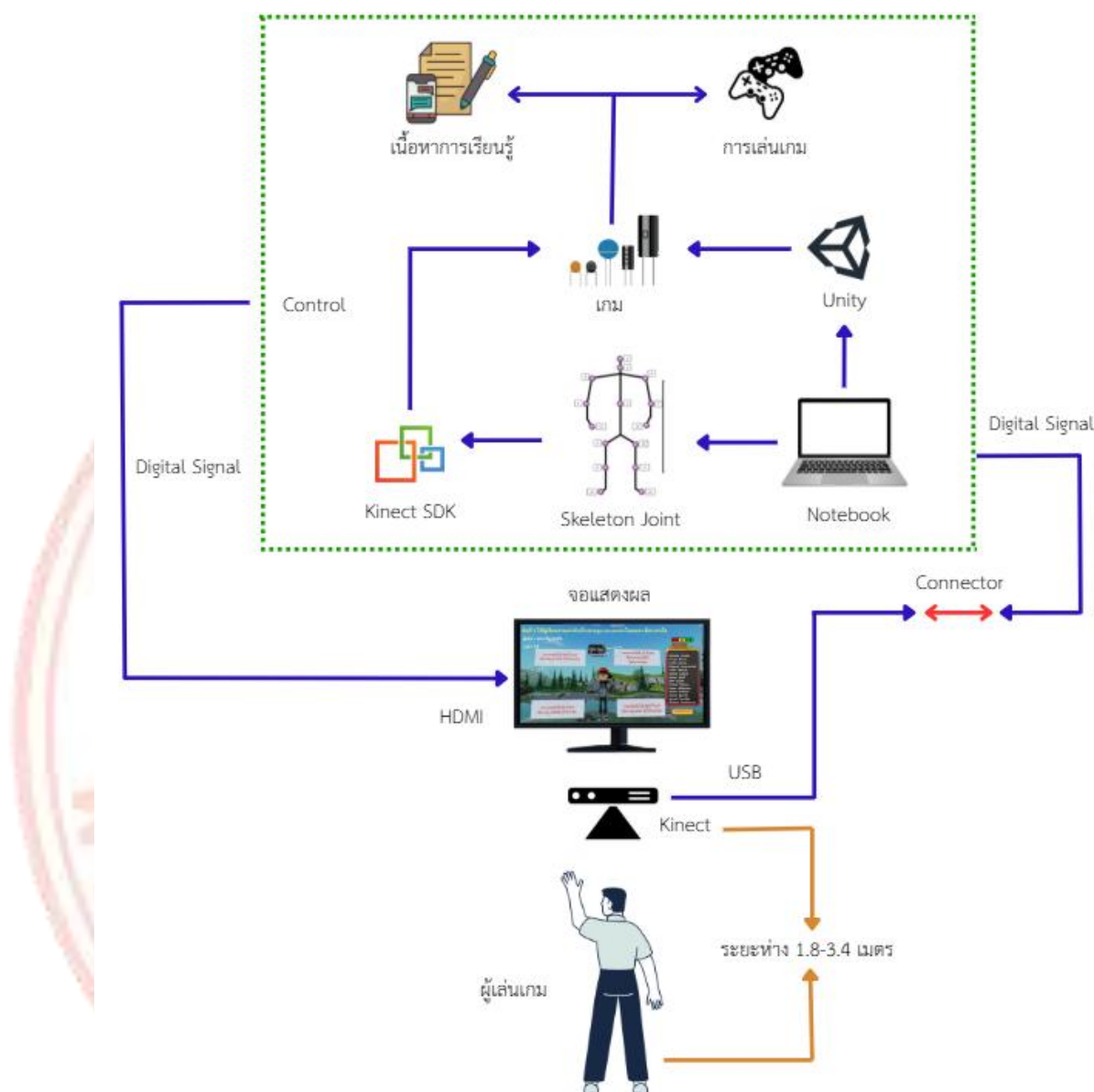
$\sum R$ หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อได้ค่าดัชนีความสอดคล้องแล้วให้นำมาเทียบกับเกณฑ์ โดยที่แบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียน ในข้อนั้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50-1.00 หมายถึง แบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียน ในข้อนั้นใช้ได้ และถ้าแบบประเมินแบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียนข้อใด มีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.50 หมายถึง แบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียน ในข้อนั้นใช้ไม่ได้ ให้ทำการดัดแบบประเมินความเข้าใจในข้อนั้นทิ้ง

3.3 ขั้นตอนการสร้างเกม

3.3.1 การออกแบบแผนผังกระบวนการทำงานของเกม และการควบคุมตัวละครภายในเกม ผู้เล่นเกมสามารถควบคุมตัวละครผ่านการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยการขยับแขน และขา โดยที่เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว หรือ ไคเนคนั้น สามารถรับค่าการเคลื่อนไหวได้อย่างแม่นยำ และเป็นธรรมชาติ เพื่อควบคุมตัวละครให้สามารถทำภารกิจ หรือตอบคำถามได้ โดยตำแหน่งของผู้เล่นเกมต้องยืนห่างกับอุปกรณ์ไคเนคเป็นระยะห่าง 1.8-3.4 เมตร เพื่อให้เซ็นเซอร์รับค่าการเคลื่อนไหวที่แม่นยำ รวมทั้งระยะการยืนที่เหมาะสมของผู้เล่นในการใช้ชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ภาพรวมของระบบแสดงดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 แผนผังกระบวนการทำงานของเกม และแสดงตำแหน่งการยืนในการควบคุมเกม

จากภาพ 3-2 แผนผังกระบวนการทำงานของเกม และแสดงตำแหน่งการยืนในการควบคุมเกม เริ่มต้นจากผู้เล่นเกมที่ต้องยืนอยู่ในระยะ 1.8-3.4 เมตร หน้ากล้อง Kinect เซ็นเซอร์จาก Kinect จะตรวจจับความเคลื่อนไหวของร่างกาย และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านการเชื่อมต่อ USB ด้วยซอฟต์แวร์ Kinect SDK ในคอมพิวเตอร์จะแปลงข้อมูลการเคลื่อนไหวเป็นโครงสร้างกระดูก (Skeleton Joint) ซึ่งสามารถใช้ควบคุมเล่นเกมได้ เมื่อได้รับการเคลื่อนไหว ระบบจะประมวลผลผ่าน

Unity ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับสร้างเกมเชื่อมโยงกับเนื้อหาการเรียนรู้ โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยังหน้าจอแสดงผลผ่านการเชื่อมต่อ HDMI เพื่อให้ผู้เล่นเกมสามารถมองเห็น และโต้ตอบกับระบบได้

3.3.2 ออกแบบโครงสร้างส่วนประกอบของฉากต่าง ๆ ภายในชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ผู้วิจัยขนาดเท่ากับ 210 x 279 มม. (ขนาด A4) โดยการออกแบบในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เว็บแคนวา เป็นหลัก ในการช่วยการออกแบบชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน ให้มีสีสันสวยงาม น่าสนใจ และมีการจัดสรรพื้นที่ภายในชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน แสดงดังภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-3 ฉากเมนูเริ่มต้นเกม

จากภาพที่ 3-3 ฉากเมนูเริ่มต้นเกมแสดงเกมการเรียนรู้เกี่ยวกับการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยมีลักษณะเป็นเกมแบ่งระดับความง่าย-ยากในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ แบ่งเป็น 3 ระดับ Lv.1 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงที่ตัวเก็บประจุ Lv.2 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร และ Lv.3 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี โดยจะมีปุ่มกด START เป็นการกดเริ่มเกม



ภาพที่ 3-4 ฉากของเกม ระดับที่ 1 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง

จากภาพที่ 3-4 ฉากของเกม ระดับที่ 1 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง โดยในฉาก (ก) (ข) และ (ค) จะมีลักษณะปรนัย 4 ตัวเลือก ด้านบนฉากจะเป็นคำถามตามลำดับ ด้านบนซ้ายจะมีนาฬิกาค่อยบอกเวลาคงเหลือ และมีชื่อผู้เล่นเกมในช่อง (name player)

ส่วนด้านบนขวา จะมีหลอดพลังงานถ้าตอบผิดหรือตอบไม่ทันเวลาหลอดพลังงานจะลดลงเรื่อย ๆ และมีช่องลิสต์ลำดับชื่อผู้เล่นเกมใช้เป็นติดตามลำดับในการทำคะแนน



ภาพที่ 3-5 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง

จากภาพที่ 3-5 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง เป็นฉากสรุปผลคะแนนของผู้เล่นเกมในด้านที่ 1 มีการเรียงลำดับคะแนนของตามชื่อของผู้เล่นเกม ลำดับ 1-5 สีเขียว คือ คะแนนสูง ลำดับที่ 6-10 สีเหลือง คือ คะแนนปานกลาง และ ลำดับที่ 11-15 คือ คะแนนต่ำ



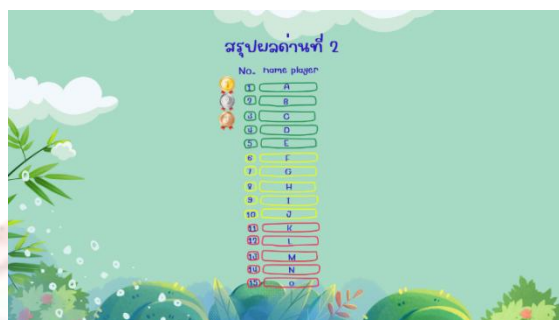
(ง)

(จ)

(ฉ)

ภาพที่ 3-6 ฉากของเกม ระดับที่ 2 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร

จากภาพที่ 3-6 ฉากของเกม ระดับที่ 2 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร โดยในฉาก (ง) (จ) และ (ฉ) จะมีลักษณะปรนัย 4 ตัวเลือก ด้านบนฉากจะเป็นคำถามตามลำดับ ด้านบนซ้ายจะมีนาฬิกาบอกเวลาคงเหลือ และมีชื่อผู้เล่นเกมในช่อง (name player) ส่วนด้านบนขวา จะมีหลอดพลังงานถ้าตอบผิดหรือตอบไม่ทันเวลาหลอดพลังงานจะลดลงเรื่อย ๆ และมีช่องลิสต์ลำดับชื่อผู้เล่นเกมใช้เป็นติดตามลำดับในการทำคะแนน



ภาพที่ 3-7 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร

จากภาพที่ 3-7 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร เป็นฉากสรุปผลคะแนนของผู้เล่นเกมในด้านที่ 2 มีการเรียงลำดับคะแนนของตามชื่อของผู้เล่นเกม ลำดับ 1-5 สีเขียว คือ คะแนนสูง ลำดับที่ 6-10 สีเหลือง คือ คะแนนปานกลาง และ ลำดับที่ 11-15 คือ คะแนนต่ำ



(ข)

(ข)

(ณ)

ภาพที่ 3-8 ฉากของเกม ระดับที่ 3 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี

จากภาพที่ 3-8 ฉากของเกม ระดับที่ 3 ด้านที่ 1-3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี โดยในฉาก (ข) (ข) และ (ณ) จะมีลักษณะปรนัย 4 ตัวเลือก ด้านบนฉากจะเป็นคำถามตามลำดับ ด้านบนซ้ายจะมีนาฬิกาบอกเวลาคงเหลือ และมีชื่อผู้เล่นเกมในช่อง (name player) ส่วนด้านบนขวาจะมีหลอดพลังงานถ้าตอบผิดหรือตอบไม่ทันเวลาหลอดพลังงานจะลดลงเรื่อย ๆ และมีช่องลิสต์ลำดับชื่อผู้เล่นเกมใช้เป็นติดตามลำดับในการทำคะแนน

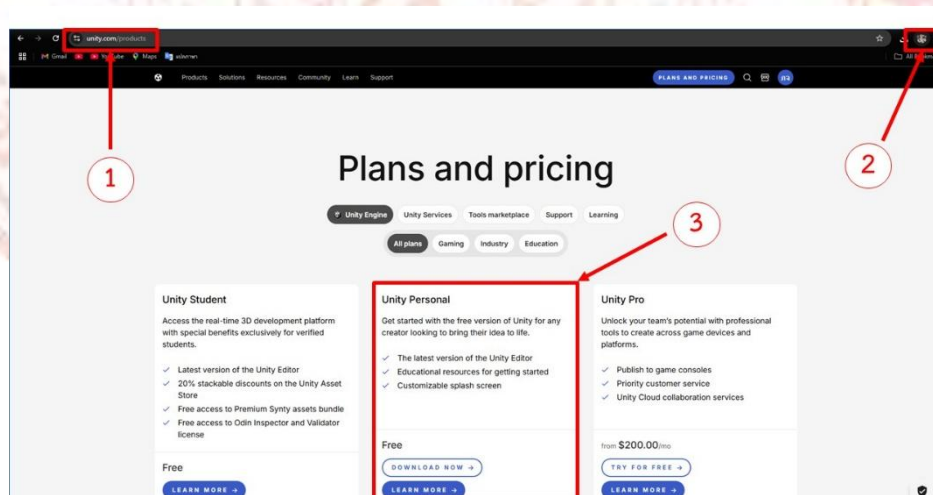


ภาพที่ 3-9 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี

จากภาพที่ 3-9 ฉากสรุปผลคะแนน ระดับที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี เป็นฉากสรุปผลคะแนนของผู้เล่นเกมในด่านที่ 3 มีการเรียงลำดับคะแนนของตามชื่อของผู้เล่นเกม ลำดับ 1-5 สีเขียว คือ คะแนนสูง ลำดับที่ 6-10 สีเหลือง คือ คะแนนปานกลาง และ ลำดับที่ 11-15 คือ คะแนนต่ำ

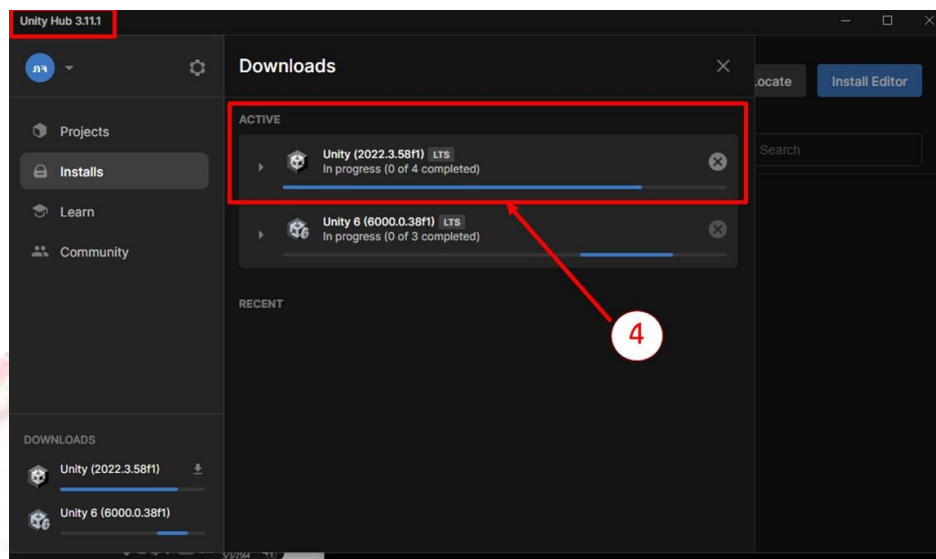
3.3.3 ขั้นตอนในการสร้างเกมโดยใช้ Unity โดยมีขั้นตอนการสร้างเกม แสดงดังภาพที่ 3-10 ถึงภาพที่ 3-19 ดังนี้

- (1) เข้าเว็บไซต์ของ unity.com/products
- (2) สมัครการเข้าใช้ Unity และล็อกอินเข้าใช้
- (3) การดาวน์โหลดโปรแกรมฟรี ในรูปแบบ Unity Personal



ภาพที่ 3-10 การเข้าเว็บไซต์ การเข้าใช้ และการดาวน์โหลดของโปรแกรม Unity

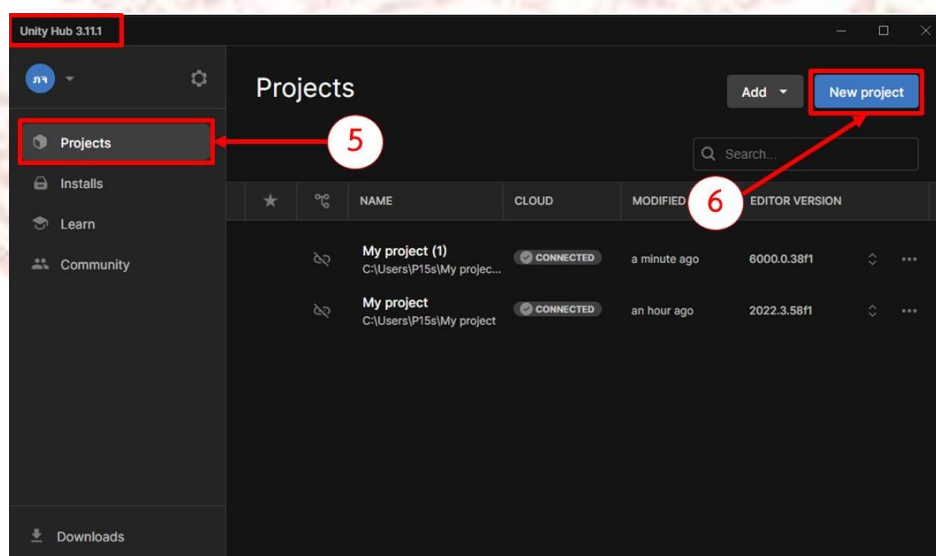
(4) การติดตั้งโปรแกรม Unity Hub 3.11.1 เพื่อการดาวน์โหลด และติดตั้งโปรแกรมสร้างเกม Unity โดยใช้เวอร์ชันล่าสุด (2022.3.58f1) LTS



ภาพที่ 3-11 การดาวน์โหลด และติดตั้งโปรแกรม Unity เวอร์ชัน (2022.3.58f1) LTS

(5) การสร้างโปรเจกต์การสร้างเกม โดยเข้าที่ Unity Hub 3.11.1 เลือก Project

(6) เลือก New Project คือ การเริ่มการสร้างเกม

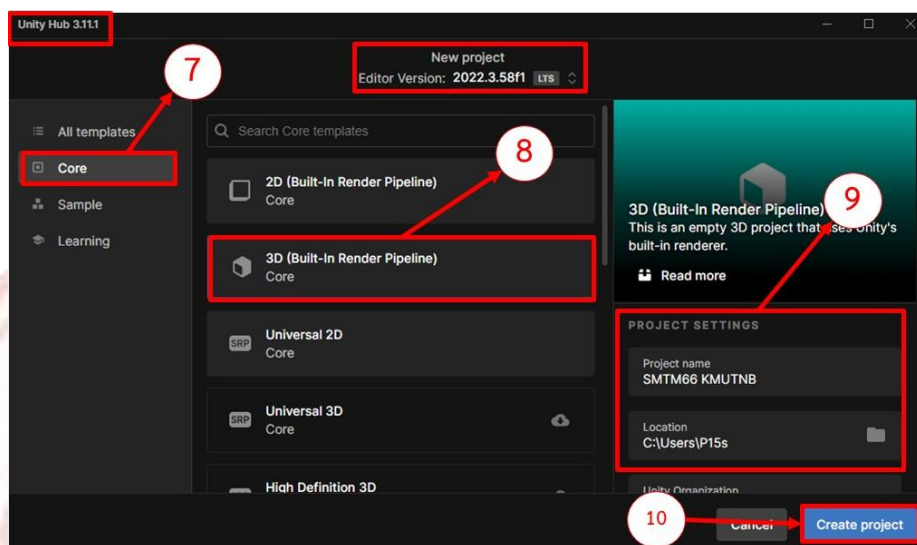


ภาพที่ 3-12 การสร้างโปรเจกต์การสร้างเกม

(7) การสร้างโปรเจกต์รูปแบบของเกม เลือกที่ Core

(8) เลือกรูปแบบมิติของเกม เลือกที่ 3D (Built-In Render)

- (9) การตั้งชื่อโปรเจก และที่บันทึกของโปรเจก
 (10) เลือกที่ Create project เพื่อสร้างโปรเจกของเกม



ภาพที่ 3-13 การสร้างรูปแบบ ชื่อและที่บันทึกของโปรเจกการสร้างเกม

เมื่อสร้างโปรเจกของเกมเสร็จสิ้นแล้ว จะได้หน้าต่างของโปรแกรม Unity โดยมีรายละเอียดดังนี้

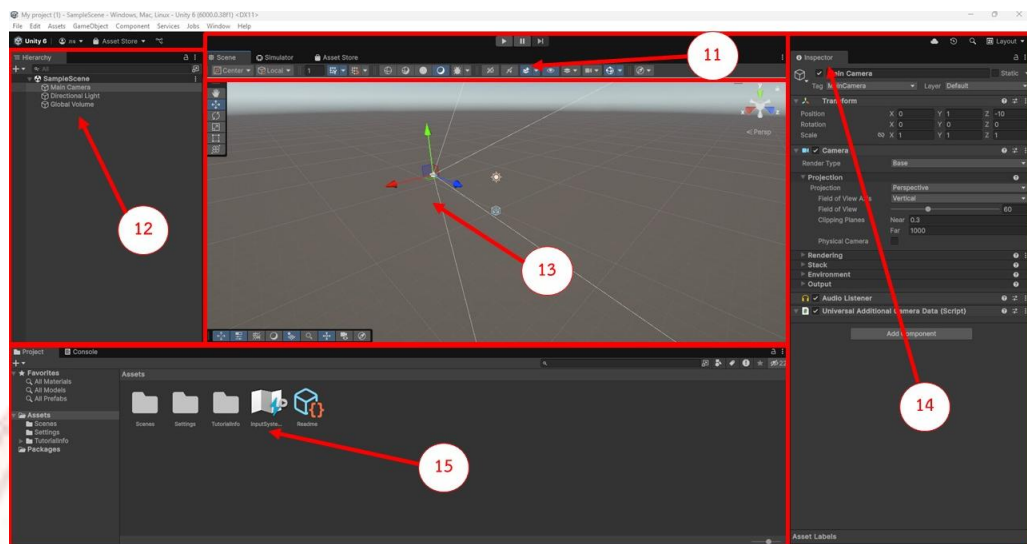
(11) Toolbar คือ แถบเครื่องมือพื้นฐานสำหรับกำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ที่อยู่ภายใน Scene เกม เช่น การปรับตำแหน่ง, ย่อ-ขยาย, หมุน วัตถุการควบคุมการเล่น หรือ หยุดเกม และการจัดการบัญชีของผู้ใช้

(12) Hierarchy คือ ส่วนที่แสดงชั้นของวัตถุที่ปรากฏใน Scene View โดยจะบอกชื่อวัตถุที่ทำงานภายใน Scene View ว่ามีวัตถุอะไรบ้าง เช่น Main Camera, Direction Light เป็นต้น

(13) Scene View คือ ส่วนที่ใช้จัดมุมมองในการออกแบบเกมขึ้นอยู่กับการว่าจะแสดงมุม 2 มิติ หรือ 3 มิติ รวมไปถึงการปรับแต่งวัตถุใน Scene เช่น การหมุน ย่อ-ขยายวัตถุสามารถที่จะลาก Asset เข้าไปใน Scene View ได้ซึ่งส่วนที่ออกแบบใน Scene จะถูกแสดงในส่วนหน้าจอเกมด้วย

(14) Inspector คือ หน้าต่างอำนวยความสะดวกในการจัดการของคุณสมบัติทั้งหมดของวัตถุที่เรา กำลังทำงานด้วย เช่น การกำหนดตำแหน่งหมุนย่อ-ขยาย วัตถุ การตั้งชื่อวัตถุ การใส่ Tag หรือการเพิ่มส่วนประกอบลงไปในวัตถุ เช่น ไฟล์ Script เป็นต้น

(15) Project View คือ หน้าต่างแสดงโฟลเดอร์ และไฟล์ต่าง ๆ ที่เก็บ และใช้งานในโปรเจก เช่น โมเดล, ภาพ, เสียง, Scene รวมไปถึง Script ไฟล์ จะเรียกส่วนนี้ว่า Asset หากต้องการนำไฟล์จากที่อื่นมาทำงานต้องลากมาไว้ที่โปรเจก

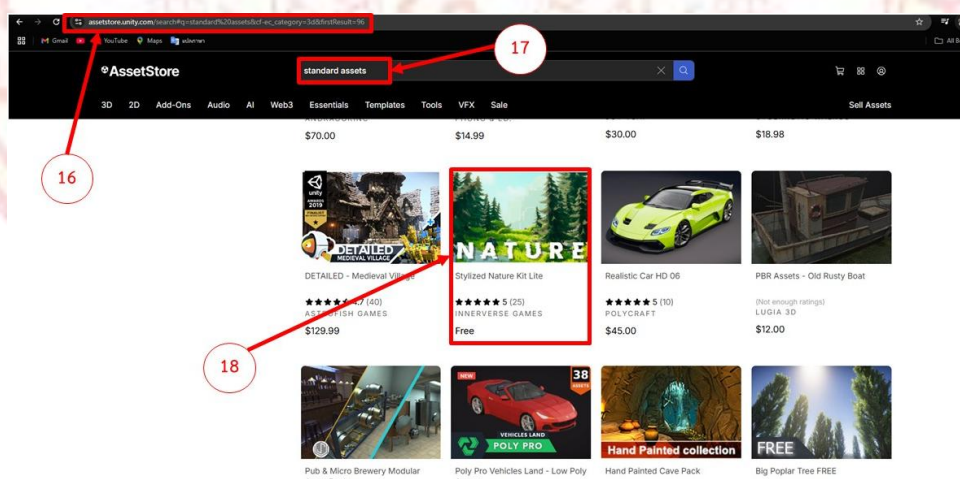


ภาพที่ 3-14 หน้าต่างของโปรแกรม และ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Unity

(16) เข้าเว็บไซต์ของ Unity แล้วเลือกที่ assetstore.unity.com

(17) แล้วพิมพ์ที่ช่องค้นหาแล้วพิมพ์ standard asset แล้วกดค้นหา

(18) เลือกรูปแบบ Scene ที่ต้องการ เพื่อใส่ในฉากของเกม

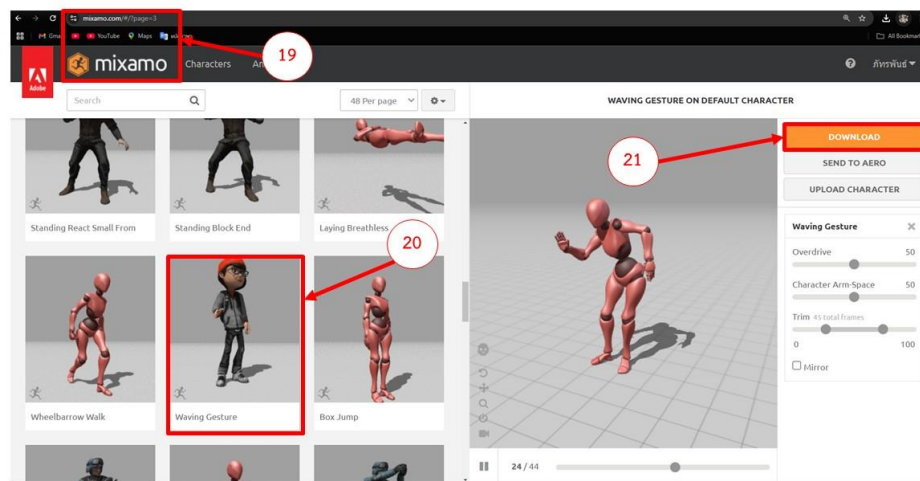


ภาพที่ 3-15 การเลือกรูปแบบ Scene ฉากของเกม

(19) เข้าเว็บไซต์ของ mixamo.com เพื่อค้นหา และดาวโหลดตัวละครในเกม

(20) แล้วเลือกตัวละครในเกมที่ต้องการ

(21) กด Download เพื่อนำตัวละครไปใส่ในเกม

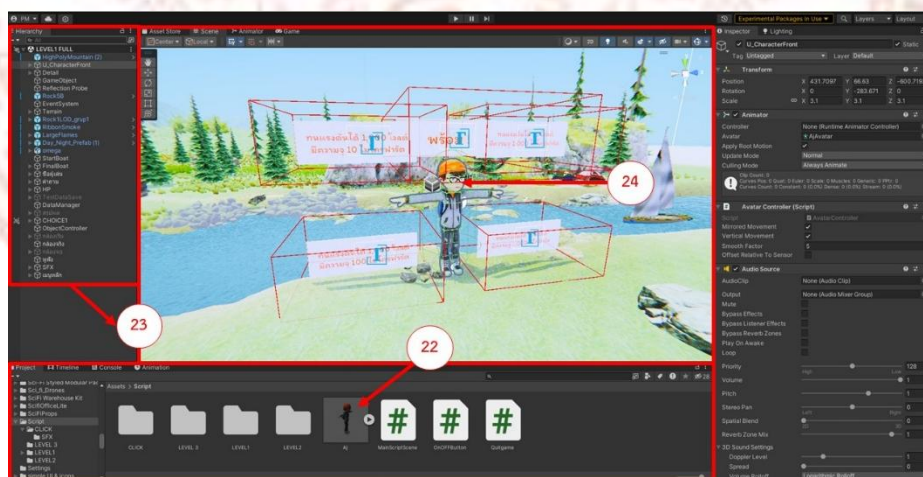


ภาพที่ 3-16 การดาวน์โหลด และเลือกตัวละครในเกม

(22) เมื่อดาวน์โหลด Scene และ ตัวละคร เสร็จแล้ว นำไฟล์มาไว้ใน Project

(23) แล้วลากไฟล์ที่ต้องการแสดงมาใส่ Hierarchy ส่วนที่แสดงชั้นของวัตถุที่ปรากฏใน Scene View

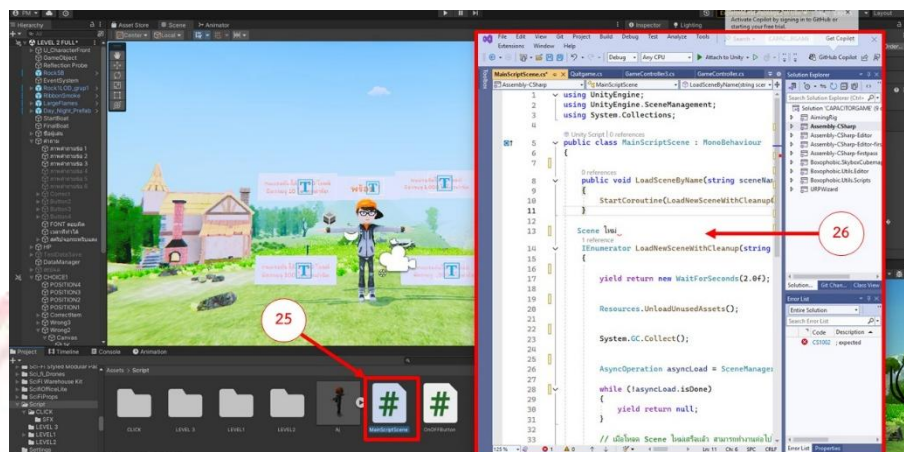
(24) Project View ส่วนที่แสดง โมเดลตัวละคร, Scene, ภาพ, เสียง, และ ข้อความ



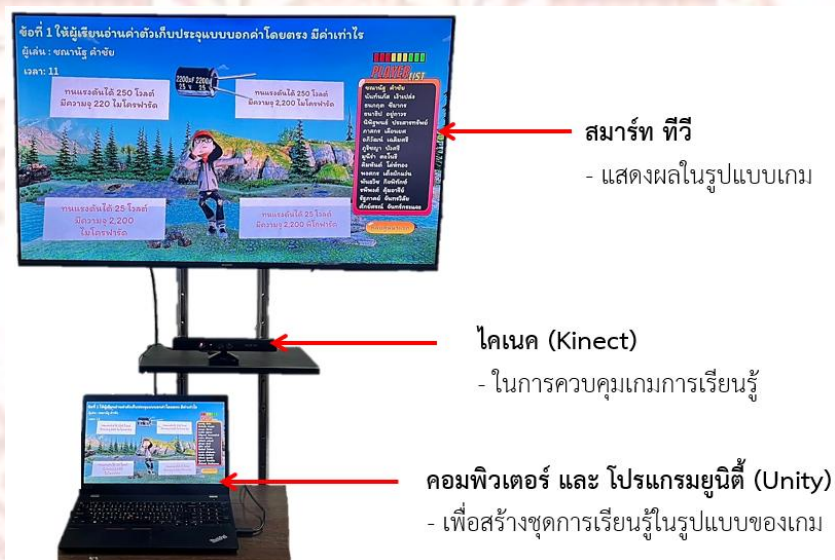
ภาพที่ 3-17 การใส่ Scene และ ตัวละครในโปรเจกของเกม

(25) การสร้างไฟล์ Script โดยเข้าไปที่ Create แล้วเลือกที่ C# Script จะได้ไฟล์ออกมาที่ Project แล้วให้ตั้งชื่อ MyScript

(26) คลิกที่ MyScript จะได้หน้าต่าง Visual Studio Installer ในการดาวน์โหลดโปรแกรม ในการเขียนการควบคุม และเงื่อนไขต่าง ๆ ภายในเกมเขียนด้วยภาษา C#



ภาพที่ 3-18 การสร้างไฟล์ Script ในการเขียนการควบคุม และเงื่อนไขต่าง ๆ ด้วยภาษา C#



ภาพที่ 3-19 นำเกมจาก Unity เชื่อมต่อกับ Kinect แสดงผลด้วยสมาร์ททีวี จะได้ระบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ

จากภาพที่ 3-19 แสดงระบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน โดยมีคอมพิวเตอร์ที่รันโปรแกรมเกมที่พัฒนาด้วย Unity จะช่วยสร้างกราฟฟิก การตอบโต้ และกลไกของเกม จะรับข้อมูลจาก Kinect ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยการยกมือ และจะแสดงผลไปยังสมาร์ททีวี

3.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.4.1 รูปแบบของการวิจัย

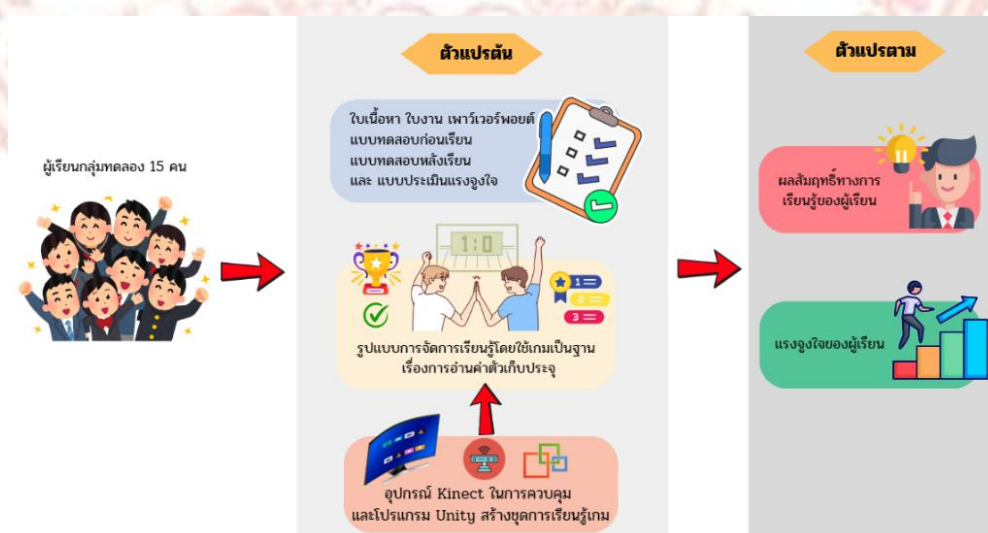
รูปแบบการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Design) แบบแผนการวิจัยเป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และ แบบทดสอบหลังเรียนกลุ่มเดียว (Fitz-Gibbon & Morris, 1987) โดยมีการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Normalized Gain) โดย Richard R. Hake (1998) ในการประเมินผลความก้าวหน้าของผู้เรียน และ แบบประเมินระดับแรงจูงใจต่อการจัดการเรียนรู้เกมเป็นฐาน (ศศิธร และ ศุภชัย, 2566) โดยรูปแบบของการวิจัยการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน แสดงดังภาพที่ 3-20 และ ตารางที่ 3-1

E	O ₁	X	O ₂
---	----------------	---	----------------

โดยที่

E	หมายถึง	การทดลองที่มีผู้เข้าร่วมวิจัย จำนวน 15 คน
O ₁	หมายถึง	ทดสอบก่อนเรียน (ความก้าวหน้าในการเรียนรู้)
X	หมายถึง	รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
O ₂	หมายถึง	ทดสอบหลังเรียน (ความก้าวหน้าในการเรียนรู้, แรงจูงใจ)

3.4.2 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 3-20 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากภาพที่ 3-20 กรอบแนวคิดการวิจัย โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้เข้าร่วมทดลอง, ตัวแปรต้น, และ ตัวแปรตาม โดยที่จะมีผู้เข้าร่วมทดลอง 15 คน ในการวิจัย ตัวแปรต้น จะใช้อุปกรณ์ Kinect ในการควบคุมเกม และโปรแกรม Unity ในการสร้างชุดการเรียนรู้เกม ในการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ และในส่วนของเครื่องในการวิจัย จะมีใบเนื้อ ใบงาน พาวเวอร์พอยต์ แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และ แบบประเมินแรงจูงใจ เป็นต้น และส่วนของตัวแปรต้น จะเป็นที่ได้จากผู้เรียนใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็น ทำการประมวลผลจะได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน และผลแรงจูงใจของผู้เรียน

ตารางที่ 3-1 ขั้นตอนการสอนการจัดกิจกรรม และรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

ขั้นการสอน	การจัดกิจกรรม
1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (15 นาที)	1.1 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบอัตนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ เพื่อประเมินความเข้าใจของผู้เรียนเบื้องต้น
2. ขั้นการสอน (1 ชั่วโมง)	2.1 ผู้สอน สอนเนื้อหาเรื่องตัวเก็บประจุ วิธีการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 3 แบบ 2.1.1 การอ่านค่าตัวเก็บแบบบอกค่าที่ตัวเก็บประจุ 2.1.2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และอักษร 2.1.3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี
3. ขั้นก่อนใช้เกม (15 นาที)	3.1 ผู้สอนติดตั้งระบบของเกม ให้พร้อมเล่นเกม 3.2 ครูชี้แจงกติกาการเล่น เกม วัตถุประสงค์ การเรียนรู้ ลักษณะกิจกรรม
4. ขั้นระหว่างการใช้เกม (2 ชั่วโมง)	4.1 ให้ผู้เรียน 15 คน ต่อแถวเรียงตามเลขที่ 4.2 ให้ผู้เรียนเข้าเล่นเกมทีละ 1 คน ระดับที่ 1 มี 3 ด่าน ในการอ่านค่าตัวเก็บแบบบอกค่าที่ตัวเก็บประจุ มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านค่าตามเลขที่ 4.3 ผู้เรียนเข้าเล่นเกมทีละ 1 คน ระดับที่ 2 มี 3 ด่าน ในการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และอักษร มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านค่าตามเลขที่ 4.4 ให้ผู้เรียนเข้าเล่นเกมทีละ 1 คน ระดับที่ 3 มี 3 ด่าน ในการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านค่าตามเลขที่ * ถ้าผู้เรียนตอบข้อที่ผิด หรือตอบไม่ทันเวลาภายในเวลา 15 นาที หลอดพลังงานจะลดลงไปเรื่อย ๆ

- 3.4.2.1 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงได้ถูกต้อง
- 3.4.2.2 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และอักษรได้ถูกต้อง
- 3.4.2.3 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสีได้ถูกต้อง

[illegible]

ภาพที่ 3-21 แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้สอดคล้องกับเนื้อหาในเกมที่ออกแบบ

3.5 การเก็บข้อมูลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลวิจัย โดยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน 4 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน และการสอนทฤษฎี 2. ขั้นก่อนใช้เกม การอธิบายและนำเสนอเกม 3. ขั้นระหว่างการใช้เกม และ 4. ขั้นการประเมินผล และสรุปผล แสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การเก็บข้อมูลการวิจัย โดยการจัดกิจกรรมโดยใช้เกมเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	รายละเอียดการจัดกิจกรรม	ภาพการดำเนินกิจกรรม
1. ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียนและการสอนทฤษฎี	ผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนเสร็จแล้ว จึงดำเนินการสอนด้านทฤษฎีด้วยการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจในเนื้อหาด้วยวิธีใช้คำถามโต้ตอบกับผู้เรียน ใช้ระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 5-10 นาที จากนั้นจึงให้เนื้อหาที่เป็นทฤษฎีของตัวเก็บประจุ ผู้สอนใช้การบรรยายร่วมกับพาวเวอร์พอยต์ 50 นาที โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการอ่านค่าตัวเก็บประจุทั้ง 3 แบบ ประกอบด้วย แบบที่ 1 การอ่านค่าที่ปรากฏบนตัวเก็บประจุ แบบที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลขและ ตัวอักษร และ แบบที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี	
2. ขั้นก่อนใช้เกม การอธิบายและนำเสนอเกม	เมื่อผู้เรียนผ่านการทำแบบทดสอบก่อนเรียน 15 ข้อ และการเรียนทฤษฎีเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปให้ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายกฎกติกาในวิธีการเล่นเกมให้แก่ผู้เรียน	

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	รายละเอียดการจัดกิจกรรม	ภาพการดำเนินกิจกรรม
3. ชั้นระหว่างการใช้เกม	เมื่อผู้เรียนเข้าใจกฎกติกาในการเล่นเกมแล้ว ขั้นตอนต่อไปให้ผู้เรียนทดลองใช้เกมเรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ โดยใช้โปรแกรมเกมที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมยูนิตี้ ร่วมกับอุปกรณ์โคเนคสำหรับควบคุมเกม โดยให้ผู้เรียนทั้ง 15 คน ต่อแถวเรียงตามเลขที่ เข้าเล่นเกมทีละ 1 คน เนื้อหาของเกมประกอบไปด้วย ระดับที่ 1 มี 3 ด้าน ในการอ่านคำตัวเก็บประจุแบบค่าที่ตัวเก็บประจุ มีกำหนดเวลา 15 วินาที ระดับที่ 2 มี 3 ด้าน ในการอ่านคำตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร มีกำหนดเวลา 15 วินาที และระดับที่ 3 มี 3 ด้าน ในการอ่านคำตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านคำตามเลขที่ให้ครบ 15 คน ถ้าผู้เรียนตอบผิด หรือตอบไม่ทันเวลา พลังจะลดลงไปเรื่อย ๆ	
4. ขั้นการประเมินผล และสรุปผล	หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้เกมครบ 3 ระดับเสร็จสิ้นแล้ว เมื่อสรุปผลคะแนนได้จัดลำดับคะแนนสูงสุดแต่ละระดับ 3 อันดับแรก จากนั้นมอบรางวัลให้กับผู้ที่ได้คะแนนสูงสุด หลังจากสรุปผลคะแนนได้จัดลำดับคะแนนเสร็จสิ้นแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ	 

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	รายละเอียดการจัดกิจกรรม	ภาพการดำเนินกิจกรรม
4. ขั้นการประเมินผล และสรุปผล (ต่อ)	หลังจากทำแบบทดสอบหลังเรียนเสร็จสิ้นแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบประเมินระดับแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานโดยผู้เรียนให้สแกน QR Code ในรูปแบบ Google Form จำนวน 15 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน 1. ด้านความสนใจ 2. ด้านความเกี่ยวข้อง 3. ด้านความมั่นใจ 4. ด้านความพึงพอใจ	

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

3.6.1 การประเมินผลการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้วิธีการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Normalized Gain) ของ Richard R. Hake (1998) ในการประเมินผลความก้าวหน้าแบบรายบุคคลของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยสามารถหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ได้ ดังสมการที่ 3-2

$$<g> = \frac{(\% \text{ Post-test}) - (\% \text{ Pre-test})}{(100\%) - (\% \text{ Pre-test})} \quad (3-2)$$

โดยที่ <g> หมายถึง ค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Normalized Gain)

% Pre-test หมายถึง คะแนนสอบก่อนเรียน

% Post-test หมายถึง คะแนนสอบหลังเรียน

โดยค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ที่ได้นั้น สามารถนำมาแบ่งเป็นระดับความก้าวหน้าทางการเรียน ออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้สามระดับ ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การแบ่งระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ ที่มา : Richard R. Hake (1998)

ค่าเกณฑ์มาตรฐาน	ระดับความก้าวหน้าทางการเรียนรู้
$<g> \geq 0.7$	สูง (High gain)
$0.7 > <g> \geq 0.3$	ปานกลาง (Medium gain)
$0.0 \leq <g> < 0.3$	ต่ำ (Low gain)

3.6.2 ในการวิเคราะห์ข้อมูลระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดการพัฒนา
รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์
ข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel รุ่น 2021 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลคะแนนเฉลี่ยที่
ได้จากผู้เรียนกลุ่มทดลอง เป็นค่าแบบประมาณ 5 เกณฑ์ ลิเคิร์ต (Likert rating scales) (บุญชม,
2545) ดังต่อไปนี้

4.51 - 5.00 แสดงว่า	มีแรงจูงใจในการเรียนในเกณฑ์มากที่สุด
3.51 - 4.50 แสดงว่า	มีแรงจูงใจในการเรียนในเกณฑ์มาก
2.51 - 3.50 แสดงว่า	มีแรงจูงใจในการเรียนในเกณฑ์ปานกลาง
1.51 - 2.50 แสดงว่า	มีแรงจูงใจในการเรียนในเกณฑ์น้อย
1.00 - 1.50 แสดงว่า	มีแรงจูงใจในการเรียนในเกณฑ์น้อยมาก



บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ เพื่อเสริมกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ส่งเสริมทักษะด้านการอ่านค่าตัวเก็บประจุ สำหรับผู้เรียน ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่มีการเรียนรู้ในรายวิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผู้จัดทำวิจัย ขอเสนอผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย มีข้อมูล ดังนี้

4.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.1.1 ด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.1.2 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน กับ จุดประสงค์ประจำหน่วย

4.2 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ด้วยวิธี Normalized Gain แบบรายบุคคล

4.3 ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.3.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน

4.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.1.1 ด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ สำหรับผู้เรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ที่มีการเรียนรู้ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เครื่องมือในการวิจัยมีดังนี้ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ชุดการเรียนรู้เกม ใบเนื้อหา และ พาวเวอร์พอยต์ ผ่านวิธีการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 คน ในด้านความสอดคล้องของบทเรียนเรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ นำผลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ แปลผล ได้ผลการประเมินความเหมาะสม ด้านเนื้อหาของบทเรียนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ จากผู้เชี่ยวชาญมีภาพรวมส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 โดยมีรายละเอียดแสดงไว้ดังตารางที่ 4.1

ตาราง 4.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อการประเมิน	คะแนนความ คิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					ค่า เฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน ($S.D.$)	การแปล ผล
	1	2	3	4	5			
ด้านเนื้อหาของบทเรียน								
1. ข้อความใช้คำศัพท์ถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. เนื้อหามีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ลำดับเนื้อหาภายในเกมมีความ เหมาะสม	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของเนื้อหาภายใน เกม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมในการใช้ภาษา ของเนื้อหาภายในเกม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
6. เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้า หมาย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
7. ภาพประกอบการสอนสื่อ ความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
8. ภาพกราฟฟิกภายในเกมสื่อ ความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
9. เนื้อหาภายในเกมสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
10. ความเหมาะสมของเนื้อหาใน คำถาม	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
ด้านคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้								
11. รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ เกม มีความน่าสนใจ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
12. รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ เกม เหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียน	5	4	4	4	4	4.20	0.45	มาก

หัวข้อการประเมิน	คะแนนความ คิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					ค่า เฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน ($S.D.$)	การแปล ผล
	1	2	3	4	5			
13. มีการอธิบายขั้นตอนในการเล่น อย่างชัดเจน	5	3	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
14. มีการใช้ภาษาถูกต้อง สื่อความ หมายได้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
15. สี ขนาด และรูปแบบตัวอักษรมี ความเหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
16. โทนสีของฉาก พื้นหลัง วัตถุ ภายในเกมมีความเหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
17. ออกแบบองค์ประกอบฉาก ภายในเกมได้อย่างเหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
18. รูปแบบในการเล่นไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
19. ระยะเวลาในการเล่นเกมนี้อาจ เหมาะสมกับเนื้อหา	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
20. ความเหมาะสมของคำถาม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
ด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้								
21. ช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการ เรียนรู้ของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
22. ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด ความสุขในการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
23. ส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ตัวผู้เรียนเอง และผู้เรียนกับผู้สอน	5	5	4	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม						4.80	0.26	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดย
ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ภาพรวมคุณภาพรวมอยู่ใน ระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่

ระดับ ($\bar{X} = 4.80$, $S.D. = 0.26$) แสดงให้เห็นว่า จากผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสามารถนำเครื่องมือไปใช้กับนักเรียนได้ ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้

ผลการประเมินในด้านความเหมาะสมในด้านเนื้อหาของบทเรียนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 ข้อความใช้คำศัพท์ถูกต้อง ข้อที่ 2 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ข้อที่ 5 ความเหมาะสมในการใช้ภาษาของเนื้อหาภายในเกม ข้อที่ 6 เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย ข้อที่ 8 ภาพกราฟิกภายในเกมสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา และ ข้อที่ 9 เนื้อหาภายในเกมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ($\bar{X} = 5$, $S.D. = 0$) และ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 7 ภาพประกอบการสอนสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา ($\bar{X} = 4.40$, $S.D. = 0.55$)

ผลการประเมินในด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม มีความน่าสนใจ ข้อที่ 5 สี ขนาด และรูปแบบตัวอักษรมีความเหมาะสม ข้อที่ 7 ออกแบบองค์ประกอบฉากภายในเกมได้อย่างเหมาะสม และข้อที่ 8 รูปแบบในการเล่นไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย ($\bar{X} = 5.00$, $S.D. = 0.00$) และ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม เหมาะสมกับช่วงวัยของนักเรียน ($\bar{X} = 4.20$, $S.D. = 0.45$)

ผลการประเมินในด้านความเหมาะสมการส่งเสริมการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 ช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน และ ข้อที่ 2 ช่วยส่งเสริมให้ผู้เล่นเกิดความสุขในการเรียนรู้ ($\bar{X} = 5$, $S.D. = 0.00$) และ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 3 ส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้เล่นเอง และผู้เรียนกับผู้สอน ($\bar{X} = 4.60$, $S.D. = 0.55$)

นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้ให้ข้อเสนอแนะดังนี้

- ค่าของตัวเก็บประจุควรให้มีหลายชนิดมากกว่านี้ เพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ
- ในด้านที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี ควรให้มีลูกศรชี้บอกว่าแถบสีไหน 1, 2, 3

4.1.2 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียนกับจุดประสงค์ประจำหน่วยโดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียนกับจุดประสงค์ประจำหน่วย ผู้วิจัยได้นำไปให้กับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 15 ข้อ จนได้ผลการประเมินความ

สอดคล้องที่พร้อมใช้งานจากการแปลผล พบว่าค่า IOC อยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้เป็นแบบทดสอบได้ ($IOC = 0.6$) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลของการประเมินค่าดัชนีของความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียน และ
หลังเรียน กับจุดประสงค์ประจำหน่วยจากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่าความ สอดคล้อง (IOC)	การแปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	0	0	1	3	0.60	ใช้ได้
2	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
15	1	0	1	0	1	3	0.60	ใช้ได้
ค่าเฉลี่ยรวม						4.46	0.89	นำไปใช้ได้

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียนกับจุดประสงค์ประจำหน่วยที่จากความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแบบทดสอบก่อนเรียน กับ จุดประสงค์ประจำหน่วย (มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 1 ถึง 0.89) อยู่ในช่วงยอมรับได้ สามารถนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนเข้าร่วมวิจัยได้

นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังให้ข้อเสนอแนะดังนี้

- ตัวเลือกควรมีหน่วยการวัดให้หลากหลายกว่านี้

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีวิลคอกซัน (Wilcoxon Signed Ranks Test) การวิจัยนี้เน้นการศึกษาผลของชุดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่ต่อความสำเร็จทางการเรียนรู้ของกลุ่มเป้าหมายซึ่งมีจำนวน 15 คน ด้วยกลุ่มเป้าหมายซึ่งมีจำนวน 15 คน ด้วยจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่จำกัด การวิเคราะห์ข้อมูลจึงดำเนินการโดยใช้วิธีของวิลคอกซัน ซึ่งเป็นเทคนิคทางสถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขนาดตัวอย่างเล็ก ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขนาดตัวอย่างเล็ก ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป (โปรแกรม SPSS) ดังภาพที่ 4-1

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
หลังเรียน - ก่อนเรียน	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	15 ^b	8.00	120.00
	Ties	0 ^c		
	Total	15		

a. หลังเรียน < ก่อนเรียน

b. หลังเรียน > ก่อนเรียน

c. หลังเรียน = ก่อนเรียน

Test Statistics^a

	หลังเรียน - ก่อนเรียน
Z	-3.422 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

ภาพที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป (โปรแกรม SPSS)

จากภาพที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) โดยมีคะแนนหลังเรียน สูงกว่าคะแนนก่อนเรียน ซึ่งค่า Z-statistic เป็น -3.422 และค่า p-value เท่ากับ 0.001 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ที่ 0.05

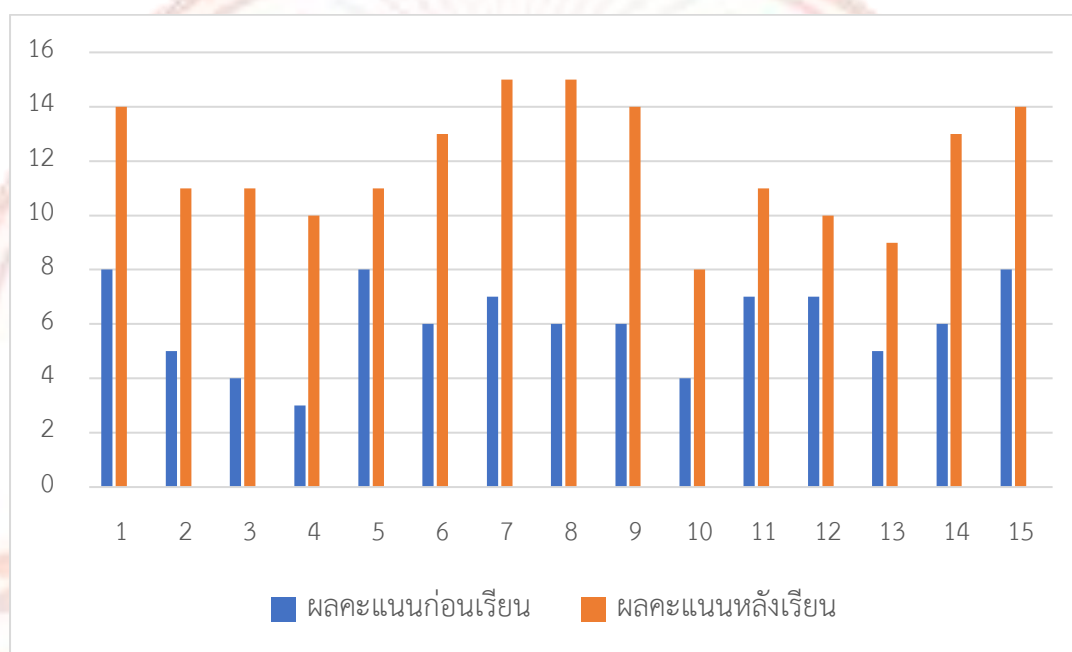
4.2 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ด้วยวิธี Normalized Gain แบบรายบุคคล

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยทำการใช้แบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความรู้เดิมก่อนใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และใช้แบบทดสอบวัดความรู้หลังจากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 15 คน ด้วยวิธี Normalized Gain ผลการวิจัย พบว่า ผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคลอยู่ในระดับสูง (High gain) จำนวน 7 คน และผู้เรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (Medium gain) จำนวน 8 คน โดยรายละเอียดผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธี Normalized Gain (Hake, 1998) แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4-2

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนกลุ่มทดลองแบบรายบุคคล

นักเรียน คนที่	ผลคะแนนก่อนเรียน (15 คะแนน)	ผลคะแนนหลังเรียน (15 คะแนน)	Normalized Gain	ระดับความก้าวหน้า
1	8 (53.3%)	14 (93.3%)	0.85	High gain
2	5 (33.3%)	11 (73.3%)	0.59	Medium gain
3	4 (26.6%)	11 (73.3%)	0.63	Medium gain
4	3 (20.0%)	10 (66.6%)	0.58	Medium gain
5	8 (53.3%)	11 (73.3%)	0.42	Medium gain
6	6 (40.0%)	13 (86.6%)	0.77	High gain
7	7 (46.6%)	15 (100%)	1.01	High gain
8	6 (40.0%)	15 (100%)	1.00	High gain
9	6 (40.0%)	14 (93.3%)	0.88	High gain
10	4 (26.6%)	8 (53.3%)	0.36	Medium gain
11	7 (46.6%)	11 (73.3%)	0.50	Medium gain
12	7 (46.6%)	10 (66.6%)	0.37	Medium gain
13	5 (33.3%)	9 (60.0%)	0.40	Medium gain
14	6 (40.0%)	13 (86.6%)	0.77	Medium gain
15	8 (53.3%)	14 (93.3%)	0.85	Medium gain
ค่าเฉลี่ย	6 (36.8%)	11.9 (79.5%)	0.67	Medium gain

จากตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนตามสูตร Normalized Gain พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนอยู่ในระดับสูง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 46.66 และระดับกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ทำให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับกลางขึ้นไป ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 2



ภาพที่ 4-2 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนกลุ่มทดลองแบบรายบุคคล

จากภาพที่ 4-2 แสดงผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนกลุ่มทดลองแบบรายบุคคลเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียน และผลคะแนนหลังเรียนของผู้เรียน 15 คน โดยใช้สีน้ำเงินแทนผลคะแนนก่อนเรียน และใช้สีส้มแทนผลคะแนนหลังเรียน จากภาพพบว่า โดยรวมแล้วผลคะแนนหลังเรียนสูงกว่าผลคะแนนก่อนเรียนในทุกคน แสดงให้เห็นว่า การเรียนโดยใช้เกมเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทางด้านการอ่านค่าตัวเก็บประจุเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าได้มีความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้เรียนบางคนมีการพัฒนามาก เช่น ผู้เรียนคนที่ 7, 8, และ 15 ที่มีคะแนนหลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และผู้เรียนบางคนมีการพัฒนาน้อยกว่าแต่ยังคงดีขึ้น เช่น ผู้เรียนคนที่ 3 และ 10

4.3 ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ที่มีผลต่อผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ พบว่า ผู้เรียนมีระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีรายละเอียดผลประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีต่อการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ ในด้านความสนใจ (Attention) ด้านความเกี่ยวข้อง (Relevance) ด้านความมั่นใจ (Confident) และ ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 (ศศิธร และคณะ ,2566)

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	การแปล ผล
1. ด้านความสนใจ (Attention)			
1.1 ความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน	4.73	0.47	มากที่สุด
1.2 เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความน่าสนใจ	4.45	0.69	มาก
1.3 เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจน และทำให้ฉันมีสมาธิ ในชั้นเรียนมากขึ้น	4.55	0.52	มากที่สุด
1.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของฉันได้	4.73	0.47	มากที่สุด
1.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ทำให้ฉันรู้สึกตื่นเต้น สนุก เพลิดเพลินในการเรียนรู้มากขึ้น	4.64	0.50	มากที่สุด
2. ด้านความเกี่ยวข้อง (Relevance)			
2.1 เนื้อหาการเรียนรู้เรื่องนี้จะประโยชน์กับฉัน ในรายวิชาที่ต้องใช้ตัวเก็บประจุ	4.73	0.47	มากที่สุด
2.2 ภาพ เสียง เนื้อหาภายในฉากช่วยให้ฉันเข้าใจ เนื้อหาการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น	4.64	0.50	มากที่สุด

หัวข้อการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน ($S.D.$)	การแปล ผล
2.3 เป้าหมายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นั้นสอดคล้องกับสิ่งที่ฉันได้เรียนรู้ในชั้นเรียนและฉันสามารถเรียนรู้ได้ในชีวิตประจำวัน	4.55	0.69	มากที่สุด
3. ด้านความมั่นใจ (Confident)			
3.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นสื่อที่ช่วยสร้างความมั่นใจ	4.45	0.82	มาก
3.2 หลังจากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แล้วทำให้ฉันมั่นใจในความสามารถในการเรียนรู้มากขึ้น	4.73	0.47	มากที่สุด
4. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction)			
4.1 วิธีเรียนรู้การอ่านคำตัวเก็บประจุ ด้วยเกมทำให้ฉันรู้สึกว่ามันแปลกใหม่	4.67	0.49	มากที่สุด
4.2 จากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ นี้ทำให้ฉันรู้สึกชอบเรียนวิชานี้มากขึ้น	4.40	0.63	มาก
4.3 ฉันยินดีที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และฉันต้องการใช้ชุดการเรียนรู้เพื่อการเรียนรู้นอกเวลาเรียน	4.67	0.49	มากที่สุด
4.4 การเรียนรู้การอ่านคำตัวเก็บประจุผ่านเกมโดยใช้การเคลื่อนไหวด้วยแขนมีความง่ายต่อการเล่นเกม	4.67	0.49	มากที่สุด
4.5 การเรียนรู้การอ่านคำตัวเก็บประจุผ่านเกมโดยใช้การเคลื่อนไหวด้วยแขนทำให้ฉันรู้สึกสนุก	4.73	0.46	มากที่สุด
รวมทั้งหมด 4 ด้าน	4.61	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.4 ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า ภาพรวมคุณภาพรวมอยู่ใน ระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระดับ ($\bar{X} = 4.61$, $S.D. = 0.55$) ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีระดับแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ อยู่ในระดับ มากที่สุด

ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความสนใจ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1.1 ความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน และ ข้อที่ 1.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นความอยากรู้ อยากเห็นของฉันได้ ($\bar{X} = 4.39$, $S.D. = 0.4$) และ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 1.2 เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความน่าสนใจ ($\bar{X} = 4.45$, $S.D. = 0.69$)

ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความเกี่ยวข้อง เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 2.1 เนื้อหาการเรียนรู้เรื่องนี้จะ เป็นประโยชน์กับฉันในรายวิชาที่ต้องใช้ตัวเก็บประจุ ($\bar{X} = 4.73$, $S.D. = 0.47$) และ หัวข้อที่มี ค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 2.3 เป้าหมายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นั้นสอดคล้องกับสิ่งที่ฉันได้เรียนรู้ใน ชั้นเรียนและฉันสามารถเรียนรู้ได้ในชีวิตประจำวัน ($\bar{X} = 4.55$, $S.D. = 0.55$)

ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความมั่นใจ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 3.2 หลังจากใช้รูปแบบการจัดการ เรียนรู้ แล้วทำให้ฉันมั่นใจในความสามารถในการเรียนรู้มากขึ้น ($\bar{X} = 4.73$, $S.D. = 0.7$) และ หัวข้อ ที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมา คือ ข้อที่ 3.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นสื่อที่ช่วยสร้างความมั่นใจ ($\bar{X} = 4.45$, $S.D. = 0.82$)

ผลการประเมินระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียนด้านความพึงพอใจ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 4.5 การเรียนรู้การอ่านตัวเก็บ ประจุผ่านเกมโดยใช้การเคลื่อนไหวด้วยแขนทำให้ฉันรู้สึกสนุก ($\bar{X} = 4.73$, $S.D. = 0.46$) และ หัวข้อ ที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อ 4.2 จากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ นี้ทำให้ฉันรู้สึกชอบเรียนวิชานี้ มากขึ้น ($\bar{X} = 4.40$, $S.D. = 0.63$)

4.3.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อแสดงรายละเอียดความคิดเห็น ของผู้เรียน โดยการสุ่มผู้เรียนที่มีผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ในระดับสูง (High gain) จำนวน 7 คน เพื่อสัมภาษณ์ความรู้สึกที่มีต่อการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง การอ่านค่าตัวเก็บประจุ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลเชิงคุณภาพแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน

นักเรียน คนที่	ความคิดเห็น
1	รู้สึกไปเครียดในการเรียน ตื่นเต้นที่ได้เรียนรู้ และได้เล่นเกมไปด้วย 1.1 การวิเคราะห์ขยายความตามมิติของแรงจูงใจในการเรียนรู้ ที่ได้จากความคิดเห็น ของนักเรียนคนที่ 1 1.1.1 มิติของแรงจูงใจภายใน คือ ความอยากรู้ ความพึงพอใจ และความสนุก 1.1.2 มิติของแรงจูงใจภายนอก คือ คำชม รางวัล และความสำเร็จในเกม 1.1.3 มิติของแรงจูงใจทางสังคม คือ การเรียนรู้ร่วมกัน และความสัมพันธ์กับครู และเพื่อน 1.1.4 มิติของแรงจูงใจเชิงอารมณ์ คือ ความเครียดลดลง ความรู้สึกถึง ความสำเร็จ ความกระตือรือร้น
2	ขอบคุณครูที่ให้พวกเราได้มีความเข้าใจในการอ่านค่าตัวเก็บประจุมากขึ้น และ สนุกไป กับการเล่นเกม 2.1 การวิเคราะห์ขยายความตามมิติของแรงจูงใจในการเรียนรู้ ที่ได้จากความคิดเห็น ของนักเรียนคนที่ 2 2.1.1 มิติของแรงจูงใจภายใน คือ ความตื่นเต้น ความสนุก และความต้องการ พัฒนาตนเอง 2.1.2 มิติของแรงจูงใจภายนอก คือ รางวัล การจัดลำดับคะแนน แรงกดดันจาก ภายนอก 2.1.3 มิติของแรงจูงใจทางสังคม คือ การแข่งขันกับเพื่อน การได้รับการยอมรับ การทำงานเป็นทีม 2.1.4 มิติของแรงจูงใจเชิงอารมณ์ คือ ความตื่นเต้น ความเครียด ความภูมิใจ

นักเรียน คนที่	ความคิดเห็น
3	ตื่นเต้น สนุกสนานได้แข่งกับเพื่อน ๆ ในการจัดลำดับคะแนน เพราะอยากได้รางวัล 3.1 การวิเคราะห์ขยายความตามมิติของแรงจูงใจในการเรียนรู้ ที่ได้จากความคิดเห็นของนักเรียนคนที่ 3 3.1.1 มิติของแรงจูงใจภายใน คือ ความตื่นเต้น ความสนุก และความต้องการพัฒนาตนเอง 3.1.2 มิติของแรงจูงใจภายนอก คือ รางวัล การจัดลำดับคะแนน และแรงกดดันจากภายนอก 3.1.3 มิติของแรงจูงใจทางสังคม คือ การแข่งขันกับเพื่อน และการได้รับการยอมรับ การทำงานเป็นทีม 3.1.4 มิติของแรงจูงใจเชิงอารมณ์ คือ ความตื่นเต้น ความเครียด และความภูมิใจ
4	ไม่เบื่อหน่ายในการเรียน อยากชนะเพื่อนๆ อยากได้รางวัล ตื่นเต้น สนุกสนานได้แข่งกับเพื่อน ๆ ในการจัดลำดับคะแนน เพราะอยากได้รางวัล 4.1 การวิเคราะห์ขยายความตามมิติของแรงจูงใจในการเรียนรู้ ที่ได้จากความคิดเห็นของนักเรียนคนที่ 4 4.1.1 มิติของแรงจูงใจภายใน คือ ความสนุก ความท้าทาย และความต้องการพัฒนาตนเอง 4.1.2 มิติของแรงจูงใจภายนอก คือ รางวัล การแข่งขัน และแรงกดดันจากภายนอก 4.1.3 มิติของแรงจูงใจทางสังคม คือการแข่งขันกับเพื่อน การได้รับการยอมรับ และการทำงานเป็นทีม 4.1.4 มิติของแรงจูงใจเชิงอารมณ์ คือ ความตื่นเต้น ความเครียด และความภูมิใจ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 2) เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และ 3) เพื่อตรวจสอบระดับแรงจูงใจของผู้เรียนหลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยรูปแบบการวิจัยจะเป็นแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบแผนการวิจัยเป็นแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนกลุ่มเดียว โดยจะทำการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Normalized Gain) กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น สำหรับภาคเรียนที่ 1/2567 จำนวน 15 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง มีข้อสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ สรุปการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 ผลการประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ ในด้านเนื้อหา ด้านความเหมาะสมของรูปแบบ และด้านการส่งเสริมการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 ท่าน ในภาพรวมพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมีคุณภาพโดยภาพรวมส่วนใหญ่อยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.81 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

5.1.2 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนกับจุดประสงค์ประจำหน่วยที่จากความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแบบทดสอบก่อนเรียน กับ จุดประสงค์ประจำหน่วย (มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 1 ถึง 0.89) อยู่ในช่วงยอมรับได้ สามารถนำไปทดลองใช้กับกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยวิจัยได้ ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 1

5.1.3 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนตามสูตร Normalized Gain พบว่า ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางเรียนอยู่ในระดับสูง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 46.66 และระดับกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่าน

ค่าตัวเก็บประจุ ทำให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนระดับกลางขึ้นไป ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 2 จากผลการประเมิน พบว่า การใช้เกมเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนเกิดการตื่นตัวทางการเรียนรู้ เกมอาจช่วยให้ผู้เรียนส่วนใหญ่พัฒนาทักษะได้ดีขึ้น ทำให้ไม่มีใครมีค่าความก้าวหน้าต่ำ โดยผู้เรียนที่มีพื้นฐานอยู่แล้วอาจสามารถพัฒนาได้สูงมาก ($g \geq 0.7$) และ ผู้เรียนที่มีพื้นฐานต่ำกว่าอาจยังพัฒนาได้ดี แต่ไม่ถึงระดับสูง ($0.7 > g \geq 0.3$) จากคะแนนที่ได้เป็นไปตามแนวโน้มที่การเรียนรู้โดยใช้เกมช่วยพัฒนาผู้เรียนทุกคนไม่มีใครอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นผลที่ดี แต่อาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ พื้นฐานของผู้เรียน การออกข้อสอบ และ ประสิทธิภาพของเกมที่ใช้

5.1.4 ผลการประเมินระดับแรงจูงใจของผู้เรียนที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บ พบว่า มีผลการประเมินอยู่ในระดับ มากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43) ตรงตามสมมติฐานข้อที่ 3 ที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ อยู่ในระดับ มากที่สุด จากผลการประเมิน พบว่า ค่าเฉลี่ยสูง (4.59 จาก 5) ผู้เรียนส่วนใหญ่ให้คะแนนสูง และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ (0.43) แสดงว่าความคิดเห็นของผู้เรียนค่อนข้างสอดคล้องกัน คะแนนไม่กระจายมาก แสดงให้เห็นว่า เกมเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นแรงจูงใจของผู้เรียน

5.2 อภิปรายผล

เหตุผลที่ผลการวิจัยในครั้งนี้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เป็นเพราะผลงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ซึ่งเป็นสื่อที่มีความน่าสนใจ โดยเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นกลุ่มนักเรียนอาชีวศึกษา ที่ยังไม่เคยใช้สื่อนี้มาก่อน จึงสามารถทำให้เกิดความตื่นตาตื่นใจ เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ และเป็นการเปิดโลกแห่งการเรียนรู้รูปแบบใหม่ในชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tadiboyina, T., et al., (2024) ที่ได้ศึกษาการออกแบบและประเมินผลตัวอักษรโต้ตอบท่าทางการเรียนรู้เกมดิจิทัล เพื่อการเรียนรู้ตามเกมและการใช้กิจกรรมการมีส่วนร่วมแบบหลายรูปแบบ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มที่จัดการเรียนการสอนรูปแบบการเล่นเกมนักกลุ่มควบคุม (CG) กับกลุ่มแทรกแซง (IG) ผลการวิจัยพบว่า ในการประเมินหลังจากแทรกแซงพบว่าผู้เรียน IG มีผลการทดสอบดีกว่าผู้เรียน CG อย่างชัดเจน ผู้สอนยังรายงานว่ามีแรงจูงใจ และ การมีส่วนร่วมของผู้เรียน IG ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างเซสชันในชั้นเรียนปกติ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kunovic, I., et al., (2024) ที่ได้ศึกษาการสอนแนวคิดเกี่ยวกับหุ่นยนต์ (Besiege) แนวทางแบบเกมเพื่อพัฒนาทักษะการออกแบบและการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาทักษะการออกแบบและการแก้ไขปัญหาในด้านการศึกษาทางวิศวกรรมและคอมพิวเตอร์ ซึ่งพบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมีทัศนคติที่ดีโดยภาพรวมมากกว่าการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม โดยแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้จริง และประโยชน์ของการเรียนรู้แบบเกมในการศึกษาด้านเทคนิค

ดังนั้น แสดงให้เห็นว่างานวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุนี้ สามารถนำไปพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพื่อส่งผลให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นในรายวิชาที่มีเนื้อหาเชิงนามธรรมกับผู้เรียนอาชีวศึกษา

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ 2 ข้อ ดังนี้

5.3.1.1 ครู นักวิชาการ หรือ ผู้ประกอบธุรกิจทางการศึกษา ที่มีความสนใจจะพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ในรายวิชาที่มีเนื้อหาเชิงนามธรรม ควรให้ความสำคัญกับการสร้างสื่อการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน การสร้างเนื้อหาภายในรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ให้มีความน่าสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนใช้เวลาจดจ่อกับเนื้อหาได้นาน และทำให้ผู้เรียนรู้สึกตื่นตัวในการเรียนรู้มากขึ้น เนื่องจากการใช้แรงจูงใจตามแบบจำลอง ARCS ของ Keller, J. M. (1987) มีความสัมพันธ์กับการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนอาชีวศึกษาได้เป็นอย่างดี

5.3.1.2 ครู นักวิชาการ หรือ ผู้ประกอบธุรกิจทางการศึกษา สามารถนำผลการวิจัยนี้ ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่มีการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเข้ามาช่วยยกระดับการศึกษา และพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนในทุกๆระดับได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ 2 ข้อ ดังนี้

5.3.2.1 ควรมีการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย และผลกระทบบของผู้เรียนอาชีวศึกษาที่มีผลต่อการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน โดยให้น่วาวิธีการสอนสมัยใหม่เป็นฐาน รวมถึงเลือกกลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนตั้งแต่ 30 คน ขึ้นไป เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ มีคุณค่า และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษามากยิ่งขึ้นต่อไป

5.3.2.2 กรณีที่ไม่ได้ใช้ไคเนคในการตรวจจับการเคลื่อนไหว หรือ อินเทอร์เน็ตแบบตรวจจับท่าทาง ควรใช้ฮาร์ดแวร์ทางเลือกแทน Kinect ดังนี้

5.3.2.2.1 Intel RealSense คือ กล้องตรวจจับการเคลื่อนไหว รองรับโครงสร้าง 3D เหมาะสำหรับแอปพลิเคชัน AR, VR และ หุ่นยนต์

5.3.2.2.2 Orbbec Astra คือ ใช้สำหรับโครงการที่เกี่ยวข้องกับ VR, AR และ หุ่นยนต์ คล้ายกับ Kinect รองรับการตรวจจับความลึก 3D

5.3.2.2.3 LiDAR คือ ใช้การสร้างแบบจำลอง 3D และการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- จุฑารัตน แตงโสภา. (2549). แรงจูงใจในการเลือกเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาพาณิชยการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาสุพรรณบุรี เขต 3. สารนิพนธ์ กศ.ม. (ธุรกิจศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิต วิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ทยเอกสาร.
- ณัฐญา นาคะสันต์ และชวณัฐ นาคะสันต์. (2559). เกม: นวัตกรรมเพื่อการศึกษาเชิงสร้างสรรค์. วารสารร่วมพฤษ มหวิทยาลัยเกริก, 34(3): 160-182.
- ฐปนัท สุวรรณณิษฐ. (2560). การสร้างเกมรูปแบบโดยใช้รูปภาพ เพื่อสร้างความจำ ในการศึกษา หลักสูตรในการสนทนา. นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 13 : วิจัย และนวัตกรรมใน พัฒนาประเทศ, มหวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก วันที่ 22-23 กรกฎาคม 2560 : 1700-1715.
- ทศนา แหมมณี. (2550). วิธีการสอน : ส่วนประกอบของความรู้ให้เป็นขั้นตอนการเรียนรู้ให้มีคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.
- บุญสืบ และศุภโชค. (2562). งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. จำนวน 5,000 เล่ม. กรุงเทพมหานคร : บริษัท รัตนโรจน์การพิมพ์ จำกัด
- ประภาศิริ ปราโมทย์. (2561). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้หลักการของวิทยาศาสตร์ ในการสอนแบบมีส่วนร่วมโดยใช้เกม เพื่อสนับสนุนผลลัพธ์ในการเรียน วิชา วิทยาศาสตร์ ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา หลักสูตรการสอน มหวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. (2567). งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. จำนวน

3,000 เล่ม. นนทบุรี : บริษัท รัตนโรจน์การพิมพ์ จำกัด

ภูจนา ปาติยะวรรณ. (2557). ระบบติดตามโรคคนทำงานออฟฟิศโดยใช้กล้อง Kinect. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ. สาขาวิชาเทคโนโลยี
สารสนเทศ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วิทวัส ดวงภูมิเมศ และวาริรัตน์ แก้วอุไร. (2560). การจัดการเรียนรู้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ด้วยการ
เรียนรู้อย่างกระตือรือร้น Learning Management in Thailand 4.0 with
Active Learning. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 11(2): 1-13.

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). การจัดการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

สุวัฒน์ วัฒนวงศ. (2544). จิตวิทยาเพื่อการฝึกอบรมผู้ใหญ่. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ :
เอ็กซ์เปอร์เน็ท

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2567). หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช
2567 (ปรับปรุง พ.ศ. 2567). [สืบค้นวันที่ 1 กรกฎาคม 2567]. จาก
<https://bsq.vec.go.th/th-th/>

สาโรช ไคภักษ์. (2546). นวัตกรรมการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: บุคพอยท์.

อดุลย์ พัตวี, ศศิธร ชูแก้ว และศุภชัย หอวิมานพร. (2566). การพัฒนาชุดการเรียนรู้ความเป็นจริง
เสริมเรื่อง ทรานซิสเตอร์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

อัจฉรา เปรมปรีดา. (2558). การประเมินผลการใช้เกมในการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5Es)
ด้วยการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์

ทางการศึกษา ทักษะกระบวนการ และเจตคติ

เรื่องระบบร่างกายมนุษย์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์

ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อารี พันธมณี. (2542). จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : บริษัทเลิฟแอนด์เพรส จำกัด.

เอกสิทธิ์ ชินินทรภูมิ. (2559). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวการสร้างความรู้ใหม่.

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 14(1): 54-59

ภาษาอังกฤษ

Alejandra Fonseca., Et al. (2020). Auxiliar Prototype for Physiotherapy Using Kinect.

Departamento de Eléctrica y Electrónica Universidad de las
Fuerzas. Armadas-ESPE Sangolquí Ecuador.

Al Zahrani, M., Fawzy, M. (2020). Engineering Education Gaming: Case Study of

Engineering Ethics Game Modeling. 2020 Industrial and Systems
Engineering Conference, ISEC 2020, 9230280

Antonín Š. (2017). Comparison of Unity and Unreal Engine. Faculty of Electrical

Engineering Department of Computer Graphics and Interaction.

B.L. THERAJA and A.K. THERAJA. (2005). Electrical technology volume 1 basic

Electrical engineering in S.I. system of units. First Edition 1959. S.

Chand & Company LTD.

Carvalho, F., Chibante, R., Vaz de Carvalho, C. (2024). An Interactive Pedagogical Tool

for Simulation of Controlled Rectifiers. Information

(Switzerland), 15(6), 327

Diéguez, Á., Canals, J., Moreno, S., Vilà, A. (2024). Gamification for Teaching Integrated Circuit Processing in an Introductory VLSI Design Course. Education Sciences, 14(8), 921

Eichler, N., Hel-Or, H., Shimshoni, I. (2022). Spatio-Temporal Calibration of Multiple Kinect Cameras Using 3D Human Pose. Sensors, 22(22), 8900

Fan, H. (2023). A Case Study about Innovative Electromagnetic Engineering Education based on Capacitor Charging and Discharging. WSEAS Transactions on Circuits and Systems, 22, pp. 36–40.

Fitz-Gibbon., & Carol, T. (1987). How to Design a Program Evaluation. Newbury Park : Sage.

García Iruela, M., & Hijón Neira, R. (2018). How gamification impacts on vocational training students. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics).

García-Iruela, M., Hijón-Neira, R., & Connolly, C. (2021). Analysis of three methodological approaches in the use of gamification in vocational training.

Information (Switzerland).

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousandstudent survey of mechanics test data for introductory

physics courses. American journal of Physics, 66(1), 64-74.

He, M., Ratanaolarn, T., & Sitthiworachart, J. (2024). Design and implementation of online gaming for learning motivation and achievement improvement in computer information technology curriculum. Computer-Aided Design and Applications.

Kersánszki, T., Márton, Z., Fenyvesi, K., Lavicza, Z., Holik, I.(2024). Minecraft in STEAM education - applying game-based learning to renewable energy. Interaction Design and Architecture(s), (60), pp. 194–213

Khan, N., Muhammad, K., Hussain, T., Imran, A.S., Sajjad, M. (2021). An adaptive game- based learning strategy for children road safety education and practice in virtual space. Sensors, 21(11), 3661

Khan, M.A., Merabet, A., Alkaabi, S., Sayed, H.E. (2022). Game-based learning platform to enhance cybersecurity education. Education and Information Technologies, 27(4), pp. 5153–517.

Kunovic, I., Filipovic, I., Sovic Krzic, A.(2024). Teaching Robotics Concepts with Besiege: A Game- Based Approach for Developing Design and Problem-Solving Skills. 2024 47th ICT and Electronics Convention, MIPRO 2024 - Proceedings, pp. 672– 677

Maw and Maw. (1964). Extrinsic Motivation. Retrieved December 10, 2007, from http://www.ssnet.doae.go.th/ssnet2/IT_Mobile/download/mainternacecom.doc

Pho, A. & Dinscore, A. (2015). Game-Based Learning. Retrieved on May 1st, 2019, from <https://acrl.ala.org/IS/wp-content/uploads/2014/05/spring2015.pdf>

Raihana, F.A., Setiawan, H., Kabetta, H., Qomariasih, N. (2024). Implementation of Game-Based Learning to Enhance Security Awareness Against Child Cyber Grooming Attacks. 2024 8th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2024, pp. 238–243

Rovinelli, R. J., & Hambleton, R. K. (1976). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. Dutch Journal of Educational Research, 2(2), 49–60.

Tadiboyina, V.R., Deepak, B.B.V.L., Bisht, D.S. (2024). Design and evaluation of a Gesture interactive alphabet learning digital-game. Education and Information Technologies, 29(11), pp. 13957–13992

Toas and Carroll. (2550). Motivation. Retrieved December 10, 2007, from <http://www.topcool.arowa.com/master.htm>.

White. (2550). Intrinsic Motivation. Retrieved December 10, 2007, from <http://www.std.kku.ac.th/4830500452>.

Xiang, O. C., Ann, T. T., Hui, C. Y., & Yew, L. T. (2014). Effectiveness of gamification in vocational technical education. In Proceedings of the European Conference on Games-based Learning.

Zarraonandia, T., Díaz, P., Aedo, I., Bellucci, A. (2022). Engaging educators in the

ideation of scenarios for cross-reality game-based learning experiences. Multimedia Tools and Applications, 83(15), pp. 46507– 46529



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินผลเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ
- แบบสอบถามประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาของข้อสอบ (Index of Consistency: IOC) วิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ก่อนเรียน และหลังเรียน) โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ในการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และการตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้กำหนดคุณสมบัติของผู้ที่จะมาประเมิน โดยต้องมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ หรือ มีประสบการณ์สอนในเรื่องดังกล่าว ไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 5 ท่าน มีรายนามผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. นายธนศักดิ์ อรุณไพร

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

2. นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

3. นายกิตติชัย แซ่ตั้ง

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการ (คศ.2) แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
และเมคคาทรอนิกส์
สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

4. นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์

ตำแหน่ง : ครูระดับปฏิบัติการ (คศ.1) หัวหน้าแผนกเมคคาทรอนิกส์
สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

5. นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) หัวหน้าแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย



ที่ อว 7104.1/79

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

ด้วยนายภัทรพันธ์ จันทร์สูง รหัสประจำตัว 66-020178-5803-3 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายธณศักดิ์ อรุณไพโร ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติภูมิ สุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-150-7753 (นายภัทรพันธ์ จันทร์สูง)

ภาพที่ ก-1 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายธณศักดิ์ อรุณไพโร เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/80

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

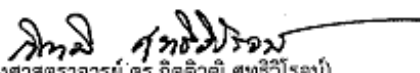
ด้วยนายภัทรพันธ์ จันท์สูง รหัสประจำตัว 66-020178-5803-3 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-150-7753 (นายภัทรพันธ์ จันท์สูง)

ภาพที่ ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ ประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/81

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

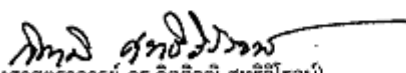
ด้วยนายภัทรพันธ์ จันทร์สูง รหัสประจำตัว 66-020178-5803-3 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง ตำแหน่งครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุภธีโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-150-7753 (นายภัทรพันธ์ จันทร์สูง)

ภาพที่ ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/82

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ด้วยนายภัทรพันธ์ จันทร์สูง รหัสประจำตัว 66-020178-5803-3 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ ตำแหน่งครู แผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวดี คูหิรีโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-150-7753 (นายภัทรพันธ์ จันทร์สูง)

ภาพที่ ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/83

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ด้วยนายภัทรพันธ์ จันทร์สูง รหัสประจำตัว 66-020178-5803-3 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หุตะมาน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวดี คูทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 084-150-7753 (นายภัทรพันธ์ จันทร์สูง)

ภาพที่ ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร เป็นผู้เชี่ยวชาญ



**แบบสอบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ โดยผู้เชี่ยวชาญ**

คำชี้แจง แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1

- ด้านที่ 1 การประเมินด้านความเหมาะสมในด้านเนื้อหาบทเรียน
ด้านที่ 2 การประเมินด้านความเหมาะสมในด้านความเหมาะสมของรูปแบบการ
จัดการเรียนรู้
ด้านที่ 3 การประเมินด้านความเหมาะสมในการส่งเสริมการเรียนรู้

ตอนที่ 2

ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อความเหมาะสมเกี่ยวกับรายการประเมินว่ามี
ความเหมาะสมเพียงใด โดยทำ เครื่องหมาย ✓ ลงใน ตารางตามเกณฑ์ความเห็นดังนี้

- | | | |
|---|---------|---------------------------|
| 5 | แสดงว่า | เห็นด้วยในเกณฑ์มากที่สุด |
| 4 | แสดงว่า | เห็นด้วยในเกณฑ์มาก |
| 3 | แสดงว่า | เห็นด้วยในเกณฑ์ปานกลาง |
| 2 | แสดงว่า | เห็นด้วยในเกณฑ์น้อย |
| 1 | แสดงว่า | เห็นด้วยในเกณฑ์น้อยที่สุด |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ



**แบบสอบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยผู้เชี่ยวชาญ**

ตอนที่ 1 คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
ด้านที่ 1 การประเมินด้านความเหมาะสมในด้านเนื้อหาบทเรียน					
1. เนื้อหาที่มีความเหมาะสมสอดคล้องในบทเรียน					
2. ความถูกต้องของเนื้อหาภายในเกม					
3. ลำดับเนื้อหาภายในเกมมีความเหมาะสม					
4. ความเหมาะสมของเนื้อหาภายในเกม					
5. ความเหมาะสมในการใช้ภาษาของเนื้อหาภายในเกม					
6. เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย					
7. ภาพประกอบการสอนสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา					
8. ภาพกราฟิกภายในเกมสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา					
9. เนื้อหาภายในเกมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
10. ความเหมาะสมของเนื้อหาในคำถาม					
ด้านที่ 2 การประเมินด้านความเหมาะสมในด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้					
1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม มีความน่าสนใจ					
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม เหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียน					
3. มีการอธิบายขั้นตอนในการเล่นอย่างชัดเจน					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
4. มีการใช้ภาษาถูกต้อง สื่อความหมายได้ชัดเจน					
5. สี ขนาด และรูปแบบตัวอักษรมีความเหมาะสม					
6. โทนสีของฉาก พื้นหลัง วัตถุภายในเกมมีความเหมาะสม					
7. ออกแบบองค์ประกอบฉากภายในเกมได้อย่างเหมาะสม					
8. รูปแบบในการเล่นไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย					
9. ระยะเวลาในการเล่นเกมนั้นมีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
10. ความเหมาะสมของคำถาม					
ด้านที่ 3 การประเมินด้านความเหมาะสมในด้านการส่งเสริมการเรียนรู้					
1. ช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน					
2. ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียนรู้					
3. ส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้เรียนเอง และผู้เรียนกับผู้สอน					

ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาของข้อสอบ
(Index of Consistency: IOC) วิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ก่อนเรียน และหลังเรียน) โดยผู้เชี่ยวชาญ

ทางผู้วิจัยได้ออกแบบจากการนำวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้จากตารางการวิเคราะห์
 หน่วยการเรียนรู้วิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทั้ง 3 ข้อได้แก่ 1) บอก
 ค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง 2) บอกค่าตัวเก็บประจุแบบรหัส
 ตัวเลข และตัวอักษรที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง และ 3) อธิบายวิธีการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี
 ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง รวมจำนวนข้อสอบทั้งสิ้นเป็นจำนวน 15 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อคำถามของแบบประเมินทักษะการเขียนโปรแกรม ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงใน
 ช่องของแต่ละข้อว่าข้อสอบที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

หรือไม่ โดยพิจารณาให้น้ำหนักดังนี้

+1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดหรือไม่

-1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่มีระดับความเห็นของท่านว่าข้อคำถามมีความสอดคล้อง
 หรือถูกต้องเพียงใด

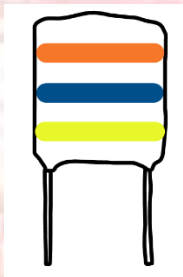
หน่วยที่ 9 ตัวเก็บประจุ						
วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การ วัด	ข้อความถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ บอกค่าโดย ตรงที่กำหนด ให้ได้อย่าง ถูกต้อง	รู้จำ	1. การอ่านค่าค่าตัวเก็บประจุแบบบอก ค่าโดยตรงที่ นิยมอ่านค่าเป็นหน่วยอะไร ก. มิลลิฟารัด (mF) และนาโนฟารัด(nF) ข. มิลลิฟารัด (mF) และพิโคฟารัด (pF) ค. ไมโครฟารัด (μ F) และพิโคฟารัด(pF) ง. ไมโครฟารัด(μ F) และนาโนฟารัด(nF)				
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ บอกค่าโดย ตรงที่กำหนด ให้ได้อย่าง ถูกต้อง	เข้าใจ	2. ข้อใดอ่านค่าของตัวเก็บประจุแบบ บอกค่าโดยตรง 470 μ F 50V อ่านได้ ถูกต้องที่สุด ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ทนแรงดัน ไฟฟ้าได้ 50 โวลต์ ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ทนแรงดันได้ ไฟฟ้า 50 โวลต์ ค. ความต้านทาน 470 โอห์ม ทน กำลังไฟฟ้าได้ 50 วัตต์ ง. ความต้านทาน 470 กิโลโอห์ม ทน กำลังไฟฟ้าได้ 50 วัตต์				
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ บอกค่าโดย ตรงที่กำหนด ให้ได้อย่าง ถูกต้อง	เข้าใจ	3. ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่า โดยตรง 0.1 pF 25V อ่านได้ถูกต้องที่สุด ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ทน แรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์ ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ทนแรงดัน ไฟฟ้าได้ 25 โวลต์ ค. ความต้านทาน 0.1 โอห์ม ทน กำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์ ง. ความต้านทาน 0.1 กิโลโอห์ม ทน กำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การ วัด	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ บอกค่าโดย ตรงที่กำหนด ให้ได้อย่าง ถูกต้อง	เข้า ใจ	4. จากภาพตัวเก็บประจุแบบบอกค่า โดยตรงนี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 470 พิโกฟารัด ทนแรงดัน ไฟฟ้าได้ 35 โวลต์ ข. ความจุ 4,700 ไมโครฟารัด ทน แรงดันไฟฟ้าได้ 35 โวลต์ ค. ความต้านทาน 47 โอห์ม ทน กำลังไฟฟ้าได้ 35 วัตต์ ง. ความต้านทาน 47 กิโลโอห์ม ทน กำลังไฟฟ้าได้ 35 วัตต์				
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ บอกค่าโดย ตรงที่กำหนด ให้ได้อย่าง ถูกต้อง	เข้า ใจ	5. จากภาพตัวเก็บประจุแบบบอกค่า โดยตรงนี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 1.8 ไมโครฟารัด ทนแรงดัน ไฟฟ้าได้ 450 โวลต์ ข. ความจุ 1.8 ไมโครฟารัด ทนแรงดัน ไฟฟ้าได้ 450 โวลต์ ค. ความจุ 18 พิโกฟารัด ทนแรงดัน ไฟฟ้าได้ 450 โวลต์ ง. ความจุ 1.8 พิโกฟารัด ทนกำลัง ไฟฟ้าได้ 450 วัตต์				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ รหัสตัวเลข และ ตัวอักษร ที่กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	รู้จำ	6. การอ่านตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร ตัวอักษร K มีค่าความ ผิดพลาดเท่าไร ก. $\pm 5\%$ ค. $\pm 15\%$ ข. $\pm 10\%$ ง. $\pm 20\%$				
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ รหัสตัวเลข และ ตัวอักษร ที่กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้าใจ	7. ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัวอักษร 472M อ่านได้ ถูกต้องที่สุด ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ค่าความ ผิดพลาด $\pm 10\%$ ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ค่าความ ผิดพลาด $\pm 10\%$ ค. ความจุ 4,700 ไมโครฟารัด ค่าความ ผิดพลาด $\pm 20\%$ ง. ความจุ 4,700 พิโกฟารัด ค่าความ ผิดพลาด $\pm 20\%$				
บอกค่าตัวเก็บ ประจุแบบ รหัสตัวเลข และ ตัวอักษร ที่กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้าใจ	8. ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัวอักษร 104J อ่านได้ถูกต้อง ที่สุด ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ค่าความ ผิดพลาด $\pm 5\%$ ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ค่าความ ผิดพลาด $\pm 5\%$ ค. ความจุ 1 ไมโครฟารัด ค่าความ ผิดพลาด $\pm 10\%$ ง. ความจุ 1 พิโกฟารัดค่าความ ผิดพลาด $\pm 10\%$				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
บอกค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษรที่กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	รู้จำ	9. จากภาพตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร นี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 10 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$ ข. ความจุ 10 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$ ค. ความจุ 100 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 15\%$ ง. ความจุ 100 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 15\%$				
บอกค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษรที่กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้าใจ	10. จากภาพตัวเก็บประจุแบบรหัส และอักษร นี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$ ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$ ค. ความจุ 4,700 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$ ง. ความจุ 4,700 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การ วัด	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
อธิบายวิธีการ อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบ แถบสีที่ กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้า ใจ	11. สีน้ำตาลที่อยู่ในแถบที่ 1 ของตัว เก็บประจุแบบแถบสี มีค่าหมายเลขใด ก. 0 ข. 1 ค. 2 ง. 3				
อธิบายวิธีการ อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบ แถบสีที่ กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้า ใจ	12. สีเหลืองที่อยู่ในแถบที่ 2 ของตัว เก็บประจุแบบแถบสี มีค่าหมายเลขใด ก. 2 ข. 3 ค. 4 ง. 5				
อธิบายวิธีการ อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบ แถบสีที่ กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้า ใจ	13. สีส้มที่อยู่ในแถบที่ 3 (ตัวคูณ) ของ ตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่าเท่าใด ก. $\times 1$ ข. $\times 10$ ค. $\times 100$ ง. $\times 1,000$				
อธิบายวิธีการ อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบ แถบสีที่ กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้า ใจ	14. จากภาพตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่า เท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 14 พิโกฟารัด ข. ความจุ 140 พิโกฟารัด ค. ความจุ 1,400 พิโกฟารัด ง. ความจุ 1.4 ไมโครฟารัด				

วัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อคำถาม	น้ำหนัก			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
อธิบายวิธีการ อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบ แถบสีที่ กำหนดให้ได้ อย่างถูกต้อง	เข้าใจ	15. จากภาพตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 360 พิโกฟารัด ข. ความจุ 3,600 พิโกฟารัด ค. ความจุ 360 ไมโครฟารัด ง. ความจุ 3,600 ไมโครฟารัด				

ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

ภาคผนวก ข

- หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

- การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
- การออกแบบแผนผังกระบวนการทำงานของเกมของชุดการเรียนรู้เกม
- ใบเนื้อหา เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
- ใบงาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
- พาวเวอร์พอยต์ เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
- แบบทดสอบก่อนเรียนและ หลังเรียน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
- แบบประเมินระดับแรงจูงใจของผู้เรียนในการใช้การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ และ QR Code โดยรูปแบบ Google form

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ในรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

หลักสูตรในประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567 ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อการจัดการศึกษาทางด้านวิชาชีพในระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้และทักษะทางวิชาชีพให้สูงขึ้น ให้เข้ากับแผนพัฒนาเศรษฐกิจสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติ ตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติ เป็นมาตรฐานในการศึกษาของชาติ และ กรอบคุณวุฒิอาชีวศึกษาแห่งชาติ ให้เข้ากับมาตรฐานอาชีพ โดยเน้นการเรียนรู้สู่การปฏิบัติ เพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนระดับฝีมือ รวมทั้งคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยที่เหมาะสมในการทำงานให้สอดคล้องกับความต้องการกำลังคนของตลาดแรงงาน ชุมชน สังคม และสามารถประกอบอาชีพอิสระได้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกระบบ และ วิธีการเรียนได้อย่างเหมาะสมตามศักยภาพตามความสนใจและโอกาสของตน ส่งเสริมให้มีการประสาน ความร่วมมือในการจัดการศึกษาและพัฒนาหลักสูตรร่วมต้นระหว่างสถาบัน สถานศึกษา หน่วยงาน สถานประกอบการ และองค์กรต่าง ๆ ทั้งในระดับชุมชน ระดับท้องถิ่น และ ระดับชาติ (หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567, 2567)

2.1 ลักษณะรายวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

2.1.1.1 รู้และเข้าใจเกี่ยวกับระบบความปลอดภัย หลักการทำงาน วัด และทดสอบ งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1.2 มีทักษะการใช้เครื่องมือวัด ทดสอบ วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การเตรียมอุปกรณ์ ประกอบทดสอบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1.3 มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย ปฏิบัติตนตามแบบแผน หรือ ข้อบังคับที่สอดคล้องกับมาตรฐานในการปฏิบัติที่ดีของคนในสังคม

2.1.1.4 วิเคราะห์วินิจฉัยปัญหาเบื้องต้น การตัดสินใจ รู้ขั้นตอนกระบวนการของงาน ใช้หนังสือคู่มือประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ ตัดสินใจ และ เลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน

2.1.2 สมรรถนะรายวิชา

2.1.2.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการวัด ทดสอบ ประกอบวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และความปลอดภัย

2.1.2.2 ประกอบและตรวจสอบวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

2.1.2.3 ต่อวงจรและตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

2.1.2.4 ใช้เครื่องมือวัดและทดสอบวงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับหลักการของทฤษฎีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น มาตรการความปลอดภัยในการปฏิบัติงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พลังงานไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า การควบคุมมอเตอร์เบื้องต้น อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า และการต่อสายดิน หม้อแปลงไฟฟ้า รีเลย์ ไมโครโฟน ลำโพง สัญลักษณ์คุณสมบัติ และวงจรใช้งานของวัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ อินดักเตอร์ ไดโอด ทรานซิสเตอร์ เอชอาร์ แหล่งจ่ายไฟ การใช้มัลติมิเตอร์ เครื่องกำเนิดสัญญาณ ออสซิลโลสโคป ประกอบ วัดและทดสอบ ตรวจสอบวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2567, 2567)

การออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

	แผนการจัดการเรียนรู้/การเรียนรู้ภาคทฤษฎี	
	ชื่อวิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น (Basic Electricity and Electronic)	
	หน่วยที่ 9 ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	เวลาในการสอน 4 ชั่วโมง
	แผนก เมคคาทรอนิกส์	ระดับชั้น ปวช.1
	ผู้สอน นายภัทรพันธ์ จันทรสูง	ชั้น ปีที่ 1 ปีการศึกษา 2567
หัวข้อเรื่อง การอ่านค่าตัวเก็บประจุ จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย - จุดประสงค์เชิงทั่วไป - เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอ่านค่าตัวเก็บประจุ - จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม - หลังจากจบการเรียนรู้การสอนผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้ - ด้านพุทธิพิสัย 2.1.1.1 บอกค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง 2.1.1.2 บอกค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษรที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง 2.1.1.3 อธิบายวิธีการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสีที่กำหนดให้ได้ - ด้านทักษะพิสัย 2.1.2.1 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงได้ถูกต้อง 2.1.2.2 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษรได้ถูกต้อง 2.1.2.3 อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสีได้ถูกต้อง - ด้านจิตพิสัย 2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ - รายละเอียดเนื้อหา - ภาคทฤษฎี 3.1.1 เรียนรู้การอ่านตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง ตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร และตัวเก็บประจุแบบแถบสีจากผู้สอน		

3.2 ภาคปฏิบัติ

3.2.1 เล่นเกมการอ่านค่าตัวเก็บประจุเพื่อผ่านด่าน โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 1 การอ่านตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง ระดับที่ 2 การอ่านตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร และระดับที่ 3 การอ่านตัวเก็บประจุแบบแถบสี

4. สื่อที่ใช้ประกอบการสอน

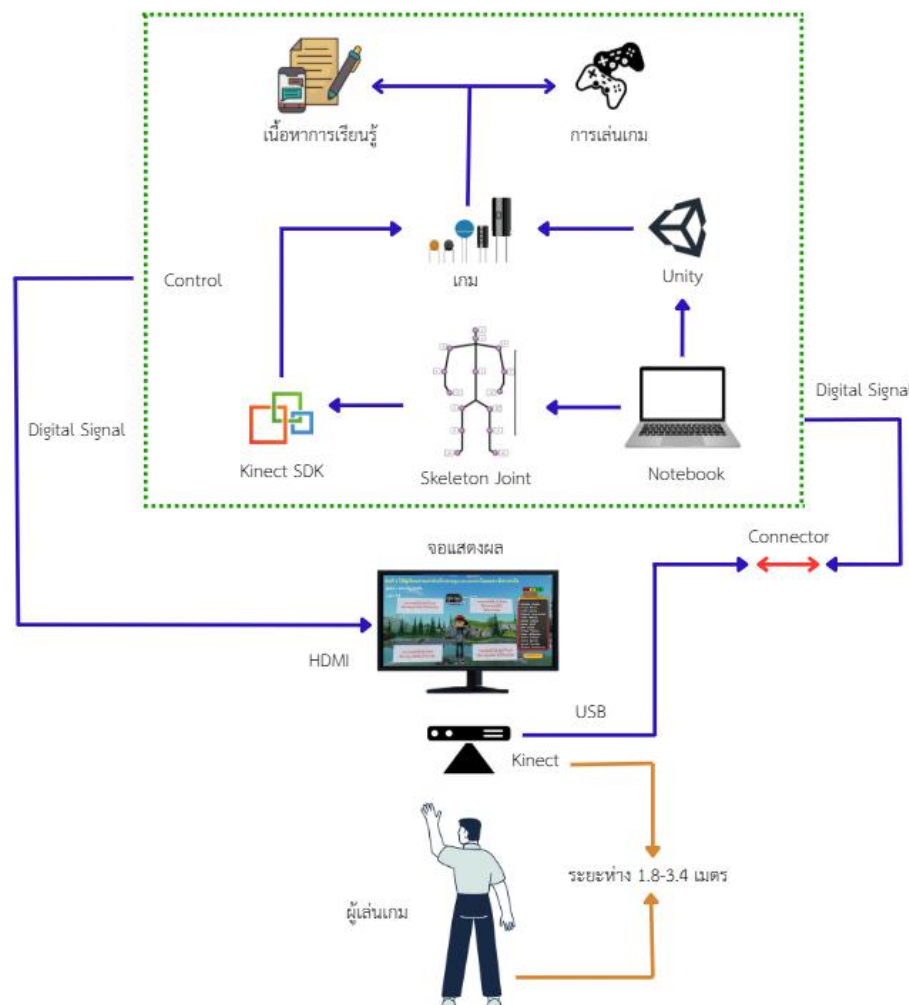
4.1 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

ขั้นตอนการสอน การจัดกิจกรรม และรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

กิจกรรมครูผู้สอน	กิจกรรมผู้เรียน
1. ขั้นนำสู่บทเรียน 1.1 ผู้สอนชี้แจงหัวข้อเรื่องที่จะเรียน โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 1.2 ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ	1.1 ผู้เรียนฟังครูชี้แจงหัวข้อที่จะเรียนและวิธีการเล่นเกม โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 1.2 ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ
2. ขั้นการสอน 2.1 ผู้สอนสอนเนื้อหาวิธีการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง ตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร และตัวเก็บประจุแบบแถบสี	2.1 ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาวิธีการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง ตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร และตัวเก็บประจุแบบแถบสีจากผู้สอน
3. ขั้นก่อนใช้เกม 3.1 ผู้สอนติดตั้งระบบของเกม ให้พร้อมเล่นเกม 3.2 ครูชี้แจงกติกาการเล่นเกมนวัตกรรม ประสงค์ การเรียนรู้ ลักษณะกิจกรรม	3.1 ผู้เรียนฟังครูชี้แจงการติดตั้งระบบของเกม 3.2 ผู้เรียนฟังครูชี้แจงกติกาการเล่นเกมนวัตกรรม ประสงค์ การเรียนรู้ ลักษณะกิจกรรม
4. ขั้นระหว่างการใช้เกม 4.1 ผู้สอนติดตามผู้เรียนระหว่างการใช้เกมอย่างใกล้ชิด	4.1 ให้นักเรียน 15 คน ต่อแถวเรียงตามเลขที่ 4.2 ให้นักเรียนเข้าเล่นเกมทีละ 1 คน ระดับ

กิจกรรมครูผู้สอน	กิจกรรมผู้เรียน
4. ชั้นระหว่างการใช้เกม (ต่อ) 4.1 ผู้สอนติดตามผู้เรียนระหว่างการใช้เกมอย่างใกล้ชิด	ที่ 1 มี 3 ด้าน ในการอ่านค่าตัวเก็บแบบค่าที่ตัวเก็บประจุ มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านค่าตามเลขที่ 4.3 ให้นักเรียนเข้าเล่นเกมทีละ 1 คน ระดับที่ 2 มี 3 ด้าน ในการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านค่าตามเลขที่ 4.4 ให้นักเรียนเข้าเล่นเกมทีละ 1 คน ระดับที่ 3 มี 3 ด้าน ในการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีกำหนดเวลา 15 วินาที โดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านค่าตามเลขที่ * ถ้าตอบผิด หรือตอบไม่ทันเวลา พลังจะลดลงไปเรื่อยๆ
5. ชั้นประเมินผลการเรียน 5.1 ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ	5.1 ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แบบปรนัย จำนวน 15 ข้อ
6. ชั้นสรุปผลการเรียน 6.1 ผู้สอนสรุปคะแนนจากเกม 6.2 ผู้สอนสรุปเนื้อหาสำคัญและ สิ่งที่ได้รับจากการเล่นเกม 6.3 ผู้สอนเปิดให้นักเรียนซักถามเพิ่มเติมเนื้อหาที่นักเรียน ยังไม่เข้าใจ 6.4 ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบประเมินแรงจูงใจ ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยใช้ชุดการเรียนรู้ผ่าน QR Code จำนวน 15 ข้อ	6.1 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปคะแนนจากเกม 6.2 ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาสำคัญและ สิ่งที่ได้รับจากการเล่นเกม 6.3 นักเรียนซักถามเพิ่มเติมเนื้อหาที่นักเรียน ยังไม่เข้าใจ 6.4 ผู้เรียนทำแบบประเมินแรงจูงใจ ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ โดยใช้ชุดการเรียนรู้ผ่าน QR Code จำนวน 15 ข้อ

การออกแบบแผนผังกระบวนการทำงานของเกมของชุดการเรียนรู้เกม
เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ



ภาพที่ ข-1 การออกแบบแผนผังกระบวนการทำงานของเกมของชุดการเรียนรู้เกม
เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

จากภาพที่ ข 3-1 แผนผังกระบวนการทำงานของเกม และแสดงตำแหน่งการยืนในการควบคุมเกมเริ่มต้นจากผู้เล่นเกมที่ต้องยืนอยู่ในระยะ 1.8-3.4 เมตร หน้ากล้อง Kinect เซ็นเซอร์จาก Kinect จะตรวจจับความเคลื่อนไหวของร่างกาย และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านการเชื่อมต่อ USB ด้วยซอฟต์แวร์ Kinect SDK ในคอมพิวเตอร์จะแปลงข้อมูลการเคลื่อนไหวเป็นโครงสร้างกระดูก (Skeleton Joint) ซึ่งสามารถใช้ควบคุมเล่นเกมได้ เมื่อได้รับการเคลื่อนไหว ระบบจะประมวลผลผ่าน Unity ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับสร้างเกมเชื่อมโยงกับเนื้อหาการเรียนรู้ โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยังหน้าจอแสดงผลผ่านการเชื่อมต่อ HDMI เพื่อให้ผู้เล่นเกมสามารถมองเห็น และโต้ตอบกับระบบได้

ใบเนื้อหา เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005 หน่วยที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	ใบเนื้อหา
	1/7

9. ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

ตัวเก็บประจุ หรือคาปาซิเตอร์ (Capacitor ; C) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำไปใช้งานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อย่างกว้างขวางกับอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และในระบบงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าไว้ภายในตัวได้ โดยอาศัยคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าต่างกันจะดึงดูดกันมาใช้งาน

9.1 เก็บประจุของตัวเก็บประจุ โดยนำแผ่นโลหะบาง 2 แผ่นมาวางประกบติดกัน มีฉนวนคั่นกลาง จ่ายศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกันให้แผ่นโลหะทั้งสอง จะทำให้เกิดเส้นแรงไฟฟ้าวิ่งเคลื่อนที่ดึงดูดกันจากศักย์ไฟฟ้าที่แผ่นโลหะทั้งสอง การดึงดูดของศักย์ไฟฟ้าจากแผ่นโลหะทั้งสองเกิดอย่างต่อเนื่องถึงแม้จะจ่ายศักย์ไฟฟ้าให้แผ่นโลหะทั้งสองแล้วก็ตาม คุณสมบัติดังกล่าว จึงเรียกแผ่นโลหะทั้ง 2 แผ่นที่อยู่ใกล้กันนี้ว่าตัวเก็บประจุ การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ แสดงดังรูปที่ 9-1

(ก) ก่อนการประจุ
(ข) หลังการประจุ

ภาพที่ 9-1 การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ (พันธ์ศักดิ์, 2567 : 170)

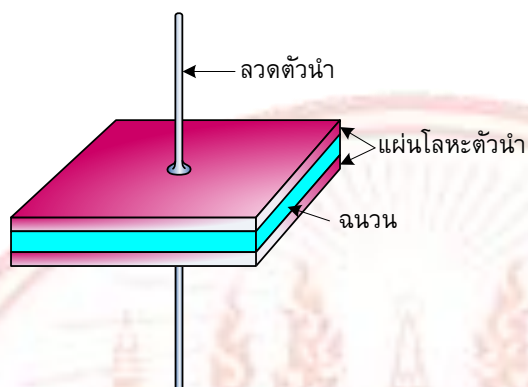
9.2 โครงสร้างของตัวเก็บประจุประกอบด้วยแผ่นโลหะตัวนำบางสองแผ่น ถูกเรียกว่าแผ่นตัวนำ (Conductive Plate) วางขนานชิดกัน มีฉนวนไฟฟ้า (Dielectric) วางคั่นกลางแผ่นโลหะตัวนำบางทั้งสอง ทางด้านนอกของแผ่นโลหะตัวนำบางทั้งสองมีลวดตัวนำเชื่อมต่อไว้แผ่นละเส้น ใช้เป็นขาต่อออกภายนอก เพื่อต่อตัวเก็บประจุไปใช้งาน ลักษณะโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ แสดงดังภาพที่ 9-2

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005

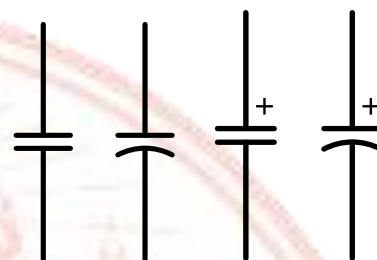
ใบเนื้อหา

หน่วยที่ 9 : ตัวเก็บประจุ

2/7



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์

ภาพที่ 9-2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ (พันธ์ศักดิ์, 2567 : 171)

ตัวเก็บประจุจะมามีการทำงานอยู่ 2 สภาวะ คือ สภาวะประจุ (Charge) เป็นสภาวะที่ตัวเก็บประจุทำการประจุแรงดัน และ คักย์ไฟฟ้าไว้ในตัวในขณะที่จ่ายแรงดันให้กับตัวเก็บประจุ และ สภาวะคายประจุ (Discharge) เป็นสภาวะที่เก็บประจุทำการคายประจุ และ คักย์ไฟฟ้าที่เก็บไว้ออกมา เมื่อทำการลัดวงจรขาตัวเก็บประจุเข้าด้วยกัน หรือ ต่อเข้าภาระต่าง ๆ

9.3 ค่าของตัวเก็บประจุ

ค่าความจุ (Capacitance) ของตัวเก็บประจุ คือ ค่าความสามารถในการเก็บสะสมประจุไฟฟ้าไว้ในตัวเก็บประจุได้น้อยหรือมาก และ ตัวเก็บประจุมีค่าความจุมาก จะสามารถเก็บประจุไว้ภายในตัวเองได้มาก

ค่าความจุในตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับโครงสร้าง และ ส่วนประกอบที่ใช้ผลิตตัวเก็บประจุตัวนั้น โครงสร้าง และ ส่วนประกอบที่สำคัญส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุมี 3 ส่วน ได้แก่ ระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสอง ขนาดพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะ และ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะ ทำให้ตัวเก็บประจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานมีค่าความจุแตกต่างกันไป และ สามารถผลิตขึ้นมาได้จากวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนหลายชนิดลักษณะตัวเก็บประจุหลายชนิด และ หลายขนาด แสดงดังภาพที่ 9-3

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005	ใบเนื้อหา
หน่วยที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	3/7



ภาพที่ 9-3 ตัวเก็บประจุหลายชนิด และ หลายขนาด (พันธ์ศักดิ์, 2567 : 172)

9.4 หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตมาใช้งานมีมากมาย ค่าความจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานแตกต่างกันไป ตั้งแต่ค่าต่ำไปจนถึงค่าสูง ความจุของตัวเก็บประจุตามปกติมีหน่วยเป็น ฟารัด (Farad ; F) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใหญ่เกินไป เพราะค่าความจุที่ผลิตออกมาใช้งานมีค่าต่ำกว่าฟารัด จำเป็นต้องแตกหน่วยความจุออกมาให้เป็นหน่วยเล็กลง แบ่งออกเป็นหน่วย ไมโครฟารัด (Microfarad ; μF) นาโนฟารัด (Nanofarad ; nF) และ พิโคฟารัด (Picofarad ; pF) หน่วยใช้งานทั้งหมด เพื่อความสะดวกในการใช้งานของหน่วยวัดต่าง ๆ จึงมีการกำหนดตัวเลขไว้ในรูปเลขยกกำลัง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการบอกค่า เลขยกกำลังที่ใช้งานตัวเก็บประจุ แสดงในตารางที่ 9-1

ตารางที่ 9-1 เลขยกกำลังที่ใช้งานตัวเก็บประจุ (พันธ์ศักดิ์, 2567 : 180)

ชื่อ	สัญลักษณ์	เลขยกกำลัง	ค่าตัวเลข
มิลลิ (Milli)	m	10^{-3}	0.001
ไมโคร (Micro)	μ	10^{-6}	0.000001
นาโน (Nano)	n	10^{-9}	0.000000001
พิโก (Piccolo)	p	10^{-12}	0.000000000001

9.5 การอ่านค่าความจุตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตมาใช้งานแต่ละตัวมีคุณสมบัติในการทำงานแตกต่างกัน ทั้งค่าความจุ ค่าทนแรงดัน และ ค่าความผิดพลาดของความจุ จำเป็นต้องแสดงกำกับไว้ที่ตัวถัง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ถูกต้อง สามารถบอกค่าได้หลายรูปแบบ เช่น บอกค่าที่ออกมาโดยตรง บอกค่าในรูปรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร และ บอกค่าแบบแถบสี เป็นต้น

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005	ใบเนื้อหา
	4/7
หน่วยที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	

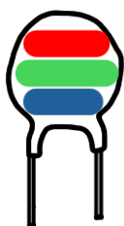
9.5.1 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าออกมาโดยตรง

ตัวเก็บประจุที่บอกค่าออกมาโดยตรง จะพิมพ์ค่าความจุอ่านได้โดยตรงค่านั้นไว้ที่ตัวถังตัวเก็บประจุ ค่าความจุที่บอกไว้นิยมบอกค่าในหน่วย พิโคฟารัส (pF) และ ไมโครฟารัด (μF) ซึ่งจะมีหน่วยกำกับไว้หรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ไว้บอกค่าของตัวเก็บประจุแต่ละตัว ตัวเก็บประจุขนาดเล็กที่มีค่าความจุต่ำ ๆ ไม่นิยมแสดงหน่วย เช่น ชนิดเซรามิก หรือ ชนิดฟิล์มพลาสติกต่าง ๆ นิยมบอกค่าในหน่วย pF หรือ μF สังเกตจากตัวเลขที่บอกไว้มีค่าตั้งแต่เลข 1 ขึ้นไป เช่น 1, 1.2, 3.3, 10, 18, 33, 56, 120, และ 680 เป็นต้น จะมีหน่วยเป็น pF และ ถ้าตัวเลขที่บอกไว้มีค่าน้อยกว่าเลข 1 ลงมา เช่น 0.01, 0.022, 0.047, 0.12, 0.39, 0.68 และ 0.82 เป็นต้น จะมีหน่วยเป็น μF ส่วนตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์แบบแปะติด SMD ที่มีขนาดเล็ก นิยมบอกค่าไม่บอกหน่วยไว้เช่นกัน ปกติบอกค่าไว้ในหน่วย μF เพราะมีค่าความจุสูง การอ่านค่าต้องพิจารณาให้รอบคอบเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดของความจุ นิยมบอกค่าไว้เป็น 2 แบบ คือ แบบบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดโดยตรง เช่น ±1%, ±2%, ±10% และ ±20% เป็นต้น อีกแบบบอกค่าเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C, D, E, F, G, J, L และ M เป็นต้น ตัวอักษรแต่ละตัวมีค่าผิดพลาดแสดงดังตาราง 9-2

ตารางที่ 9-2 ตัวอักษรแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความจุ (พินส์คักดี, 2567 : 182)

ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)	ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)
A	±0.05 pF	H	± 3 %
B	±1 pF	J	± 5 %
C	±0.25 pF	K	± 10 %
D	±0.5 pF	L	± 15 %
E	±0.5 %	M	± 20 %
F	± 1 %	N	± 30 %
G	± 2 %	Z	-20 ถึง +80%

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005 หน่วยที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	ใบเนื้อหา 5/7
การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าโดยตรงตามค่าต่อไปนี้ (พันธุ์ศักดิ์, 2567 : 183)  อ่านค่าได้ ความจุ 0.1 μF ทนแรงดันได้ 63 VDC  อ่านค่าได้ ทนแรงดันได้ 450 V ความจุ 470 μF  อ่านค่าได้ ทนแรงดันได้ 3 kV ความจุ 470 pF ค่าผิดพลาด $\pm 10 \%$ 9.5.2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร 9.5.2.1 ตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร ที่กำกับไว้บนตัวเก็บประจุ บอกค่าไว้ในรูปรหัส ไม่สามารถอ่านค่าออกมาได้โดยตรง การอ่านค่าจำเป็นต้องแปลงรหัสให้กลับมาเป็นค่าความจุเสียก่อน จึงสามารถอ่านออกมาได้ รหัสค่าความจุมักเป็นตัวเลข 3 ตัว เขียนเรียงกันไป และอาจตามด้วยตัวอักษร 1 ตัว เพื่อแสดงค่าความผิดพลาดของความจุ ตัวเลขที่แสดงไว้ต้องไม่เป็นทศนิยม ไม่ขึ้นต้นด้วยเลขศูนย์ 9.5.2.2 การอ่านค่ารหัสความจุ อ่านจากตัวเลขซ้ายมือไปขวามือ ตัวเลข 2 ตัวแรกด้านซ้ายอ่านค่าออกมาได้โดยตรง ตัวเลขที่ 3 แสดงจำนวนเลขศูนย์ที่ต้องเติมเข้าไป อ่านค่าความจุออกเป็นหน่วย pF ส่วนตัวอักษรที่แสดงค่าไว้เป็นค่าความผิดพลาดของความจุ สามารถใช้ค่าในตารางที่ 2-2 มาใช้อ่านค่า การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าไว้ด้วยรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร (พันธุ์ศักดิ์, 2567 : 184)  อ่านค่าได้ $10 \times 10,000 \text{ pF} = 100,000 \text{ pF}$ แปลงหน่วยจะได้ $= 0.1 \mu\text{F}$	

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005 หน่วยที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	ใบเนื้อหา 6/7
 อ่านค่าได้ ความจุ 15 pF ค่าผิดพลาด J = $\pm 5 \%$  อ่านค่าได้ $20 \times 100 \text{ pF} = 2,000 \text{ pF}$ ค่าผิดพลาด M = $\pm 20 \%$ ทนแรงดันได้ 12 kV 9.5.3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี ตัวเก็บประจุแสดงค่าเป็นแถบสีนิยมใช้กับตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม ซึ่งจะมีแบบ 3 แถบสี และ 5 แถบสี วิธีการอ่านก็จะเหมือนกับการอ่านค่าแถบสีแบบตัวต้านทาน การอ่านค่าตัวเก็บประจุ แบบ 3 แถบสี แถบสีที่ 1 และ แถบสีที่ 2 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์ และ การอ่านค่าตัวเก็บประจุ แบบ 5 แถบสี แถบสีที่ 1 แถบสีที่ 2 แถบสีที่ 3 และ แถบสีที่ 4 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 5 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์ การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบแถบสี (บุญสืบ และศุภโชค, 2562 : 107)  อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3 แถบที่ 2 สีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 6 แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 0 แถบสีที่ 1 และ แถบสีที่ 2 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์ จะอ่านค่าได้ 36 pF  อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีแดง มีค่าเท่ากับ 2 แถบที่ 2 สีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 5 แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 6 แถบสีที่ 1 และ แถบสีที่ 2 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์ จะอ่านค่าได้ 25,000,000 pF หรือ แปลงค่าจะได้ 25 μF	

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005 หน่วยที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	ใบเนื้อหา 7/7
 อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีเหลือง มีค่าเท่ากับ 4 แถบที่ 2 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3 แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 0 แถบที่ 4 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3 แถบที่ 5 สีแดง มีค่าเท่ากับ 2 แถบสีที่ 1 แถบสีที่ 2 แถบสีที่ 3 และ แถบสีที่ 4 จะเป็นตัวตั้ง แถบสีที่ 5 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเต็มศูนย์ จะอ่านค่าได้ 430,300 pF หรือ แปลงค่าจะได้ 0.43 μF	

วิชา : อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร รหัสวิชา : 20105-2005 ใบงานที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	ใบงาน
	2/2

9. จากรูปตัวเก็บประจุที่กำหนดให้ จงแสดงวิธีทำการอ่านค่าตัวเก็บประจุอย่างละเอียด

9.6



.....

.....

.....

.....

9.7



.....

.....

.....

.....

9.8



.....

.....

.....

.....

9.9



.....

.....

.....

.....

9.10



.....

.....

.....

.....

พาวเวอร์พอยต์ เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ



ภาพที่ ข-2 สไลด์ที่ 1/12 หน่วยที่ 9 ตัวเก็บประจุ

9.ตัวเก็บประจุ

9.1 ตัวเก็บประจุ หรือคาปาซิเตอร์ (Capacitor ; C) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำไปใช้งานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อย่างกว้างขวางกับอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และในระบบงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าไว้ภายในตัวได้ โดยอาศัยคุณสมบัติของประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าต่างกันจะดูดกันมาใช้งาน

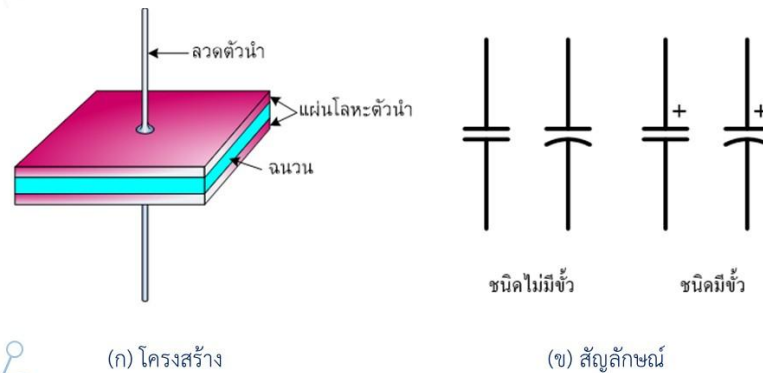
(ก) ก่อนการประจุ

(ข) หลังการประจุ

ภาพที่ 9-1 การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ (พันธ์ศักดิ์, 2567 : 170)

ภาพที่ ข-3 สไลด์ที่ 2/12 การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

9.2 โครงสร้างตัวเก็บประจุ



ภาพที่ 9-2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ (พันธศักดิ์, 2567 : 171)

ภาพที่ ข-4 สไลด์ที่ 3/12 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

9.3 ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

ค่าความจุ (Capacitance) ของตัวเก็บประจุ คือ ค่าความสามารถในการเก็บสะสมประจุไฟฟ้าไว้ในตัวเก็บประจุได้น้อยหรือมาก ตัวเก็บประจุจึงถูกบอกค่าไว้ในรูปค่าความจุ ตัวเก็บประจุมีค่าความจุน้อย จะสามารถเก็บประจุไว้ในตัวเองได้น้อย และตัวเก็บประจุมีค่าความจุมาก จะสามารถเก็บประจุไว้ในตัวเองได้มาก



ภาพที่ 9-3 ตัวเก็บประจุหลายชนิด และ หลายขนาด (พันธศักดิ์, 2567 : 172)

ภาพที่ ข-5 สไลด์ที่ 4/12 ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

9.4 หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ

ตารางที่ 9-1 เลื่อยกำลังที่ใช้งานตัวเก็บประจุ (พันธศักดิ์, 2567 : 180)

ชื่อ	สัญลักษณ์	เลขยกกำลัง	ค่าตัวเลข
มิลลิ (Milli)	m	10^{-3}	0.001
ไมโคร (Micro)	μ	10^{-6}	0.000001
นาโน (Nano)	n	10^{-9}	0.000000001
พิโก (Piccolo)	p	10^{-12}	0.000000000001

ภาพที่ ข-6 สไลด์ที่ 5/12 หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ

9.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตมาใช้งานแต่ละตัวมีคุณสมบัติในการทำงานแตกต่างกัน ทั้ง ค่าความจุ ค่าทนแรงดัน และ ค่าความผิดพลาดของความจุ จำเป็นต้องแสดงกำกับไว้ที่ตัวถัง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้ถูกต้อง สามารถบอกค่าได้หลายรูปแบบ เช่น บอกค่าที่ออกมาโดยตรง บอกค่าในรูปรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร และ บอกค่าแบบแถบสี เป็นต้น

ภาพที่ ข-7 สไลด์ที่ 6/12 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ

9.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ต่อ)

ตารางที่ 9-2 ตัวอักษรแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความจุ (พินซ์ค็อกี้, 2567 : 182)

ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)	ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)
A	± 0.05 pF	H	± 3 %
B	± 1 pF	J	± 5 %
C	± 0.25 pF	K	± 10 %
D	± 0.5 pF	L	± 15 %
E	± 0.5 %	M	± 20 %
F	± 1 %	N	± 30 %
G	± 2 %	Z	-20 ถึง +80%

ภาพที่ ข-8 สไลด์ที่ 7/12 ตัวอักษรแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของตัวเก็บประจุ

9.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ต่อ)

9.5.1 การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าโดยตรงตามค่าต่อไปนี้ (พินซ์ค็อกี้, 2567 : 183)

- (1)  อ่านค่าได้ ความจุ 0.1 μ F ทนแรงดันได้ 63 VDC
- (2)  อ่านค่าได้ ทนแรงดันได้ 450 V ความจุ 470 μ F
- (3)  อ่านค่าได้ ทนแรงดันได้ 3 kV ความจุ 470 pF ค่าผิดพลาด ± 10 %

ภาพที่ ข-9 สไลด์ที่ 8/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง

9.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ต่อ)

9.5.2 การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าไว้ด้วยรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร (พินธ์ศักดิ์, 2567 : 184)

(4)



อ่านค่าได้ $10 \times 10,000 \text{ pF} = 100,000 \text{ pF}$
แปลงหน่วยจะได้ $= 0.1 \text{ }\mu\text{F}$

(5)



อ่านค่าได้ ความจุ 15 pF ค่าผิดพลาด J = $\pm 5 \%$

(6)



อ่านค่าได้ $20 \times 100 \text{ pF} = 2,000 \text{ pF}$
ค่าผิดพลาด M = $\pm 20 \%$ ทนแรงดันได้ 12 kV

ภาพที่ ข-10 สไลด์ที่ 9/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษร

9.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ต่อ)

9.5.2 การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบแถบสี (บุญสืบ และ ศุภโชค, 2562 : 107)

ตารางที่ 9-3 ตารางค่าแถบสีของตัวเก็บประจุ

สี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	ตัวคูณ (Ω)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
ดำ (Black)	0	0	$\times 1$	
น้ำตาล (Brown)	1	1	$\times 10^1$	± 1
แดง (Red)	2	2	$\times 10^2$	± 2
ส้ม (Orange)	3	3	$\times 10^3$	
เหลือง (Yellow)	4	4	$\times 10^4$	
เขียว (Green)	5	5	$\times 10^5$	± 0.5
ฟ้า (Blue)	6	6	$\times 10^6$	± 0.25
ม่วง (Violet)	7	7	$\times 10^7$	± 0.1
เทา (Grey)	8	8	$\times 10^8$	± 0.05
ขาว (White)	9	9	$\times 10^9$	
ทอง (Gold)	-	-		± 5
เงิน (Silver)	-	-		± 10
ไม่มี (None)	-	-		± 20

ภาพที่ ข-11 สไลด์ที่ 10/12 ตารางค่าแถบสีของตัวเก็บประจุ

9.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ต่อ)

9.5.2 การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบแถบสี (บุญสืบ และ ศุภโชค, 2562 : 107)

(7)



อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3
 แถบที่ 2 สีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 6
 แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 0

แถบสีที่ 1 และ แถบสีที่ 2 จะเป็นตัวตั้ง
 แถบสีที่ 3 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเติมศูนย์
 จะอ่านค่าได้ 36 pF

ภาพที่ ข-12 สไลด์ที่ 11/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี

9.5 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ (ต่อ)

9.5.2 การอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบแถบสี (บุญสืบ และ ศุภโชค, 2562 : 107)

(8)



อ่านค่าได้ แถบที่ 1 สีเหลือง มีค่าเท่ากับ 4
 แถบที่ 2 สีส้ม มีค่าเท่ากับ 3
 แถบที่ 3 สีดำ มีค่าเท่ากับ 0
 แถบที่ 4 สีน้ำเงิน มีค่าเท่ากับ 3
 แถบที่ 5 สีแดง มีค่าเท่ากับ 2

แถบสีที่ 1 แถบสีที่ 2 แถบสีที่ 3 และ แถบสีที่ 4 จะเป็นตัวตั้ง
 แถบสีที่ 5 เป็นตัวคูณ หรือ ตัวเติมศูนย์
 จะอ่านค่าได้ 430,300 pF หรือ แปลงค่าจะได้ 0.43 μ F

ภาพที่ ข-13 สไลด์ที่ 12/12 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี (ต่อ)

แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่องตัวเก็บประจุ



แบบทดสอบก่อนเรียน ประจำปีภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รหัสวิชา 20105-1005

ระดับชั้น ปวช. 1 แผนกวิชา เมคคาทรอนิกส์

คำชี้แจง แบบทดสอบมี 15 ข้อ ให้นักศึกษา **X** ในคำตอบที่ถูกต้อง

1. การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงที่ นิยมอ่านค่าเป็นหน่วยอะไร
 - ก. มิลลิฟารัด (mF) และนาโนฟารัด (nF)
 - ข. มิลลิฟารัด (mF) และพิโคฟารัด (pF)
 - ค. ไมโครฟารัด (μ F) และพิโคฟารัด (pF)
 - ง. ไมโครฟารัด (μ F) และนาโนฟารัด (nF)
2. ข้อใดอ่านค่าของตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง $470 \mu\text{F } 50\text{V}$ อ่านได้ถูกต้องที่สุด
 - ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 50 โวลต์
 - ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 50 โวลต์
 - ค. ความต้านทาน 450 โอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 50 วัตต์
 - ง. ความต้านทาน 450 กิโลโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 50 วัตต์
3. ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง $0.1 \text{ pF } 25\text{V}$ อ่านได้ถูกต้องที่สุด
 - ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์
 - ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์
 - ค. ความต้านทาน 0.1 โอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์
 - ง. ความต้านทาน 0.1 กิโลโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์
4. จากภาพตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงนี้มีค่าเท่ากับข้อใด



- ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์
- ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์
- ค. ความต้านทาน 0.1 โอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์
- ง. ความต้านทาน 0.1 กิโลโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์

5. จากภาพตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงนี้มีค่าเท่ากับข้อใด



- ก. ความจุ 1.8 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 450 โวลต์
- ข. ความจุ 18 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 450 โวลต์
- ค. ความจุ 1.8 พิโกฟารัด ทนกำลังไฟฟ้าได้ 450 วัตต์
- ง. ความจุ 18 ไมโครฟารัด ทนกำลังไฟฟ้าได้ 450 วัตต์

6. การอ่านตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร ตัวอักษร K มีค่าความผิดพลาดเท่าไร

- ก. $\pm 5\%$
- ข. $\pm 10\%$
- ค. $\pm 15\%$
- ง. $\pm 20\%$

7. ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร 472M อ่านได้ถูกต้องที่สุด

- ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$
- ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$
- ค. ความจุ 4,700 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$
- ง. ความจุ 4,700 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$

8. ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร 104J อ่านได้ถูกต้องที่สุด

- ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$
- ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$
- ค. ความจุ 1 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$
- ง. ความจุ 1 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$

9. จากภาพตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร นี้มีค่าเท่ากับข้อใด



- ก. ความจุ 10 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$
- ข. ความจุ 10 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$
- ค. ความจุ 100 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 15\%$
- ง. ความจุ 100 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 15\%$

10. จากภาพตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร นี้มีค่าเท่ากับข้อใด



- ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$
- ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$
- ค. ความจุ 4,700 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$
- ง. ความจุ 4,700 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$

11. สีน้ำตาลที่อยู่ในแถบที่ 1 ของตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่าหมายเลขใด

- ก. 0
- ข. 1
- ค. 2
- ง. 3

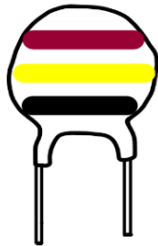
12. สีเหลืองที่อยู่ในแถบที่ 2 ของตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่าหมายเลขใด

- ก. 2
- ข. 3
- ค. 4
- ง. 5

13. สีส้มที่อยู่ในแถบที่ 3 (ตัวคูณ) ของตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่าเท่าใด

- ก. $\times 1$
- ข. $\times 10$
- ค. $\times 100$
- ง. $\times 1,000$

14. จากภาพตัวเก็บประจุแบบแถบสี นี้มีค่าเท่ากับข้อใด



- ก. ความจุ 14 พิโกฟารัด
- ข. ความจุ 140 พิโกฟารัด
- ค. ความจุ 1,400 พิโกฟารัด
- ง. ความจุ 1.4 ไมโครฟารัด

15. จากภาพตัวเก็บประจุแบบแถบสี นี้มีค่าเท่ากับข้อใด



- ก. ความจุ 360 พิโกฟารัด
- ข. ความจุ 3,600 พิโกฟารัด
- ค. ความจุ 360 ไมโครฟารัด
- ง. ความจุ 3,600 ไมโครฟารัด



แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนในการใช้การพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนในการรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง การอ่านค่าตัวเก็บประจุ ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ ใช้ทฤษฎีแบบจำลองของอาร์คส (ARCS Model ประยุกต์ใช้จากงานวิจัยของอดุลย์) “ การศึกษาความก้าวหน้าและแรงจูงใจของผู้เรียนอาชีวศึกษาที่มี ต่อชุดการเรียนรู้ความเป็นจริงเสริมเรื่อง ทราวนซิสเตอร์ ” อดุลย์, อ.ศศิธร, อ.ศุภชัย (2566) เพื่อ สนับสนุนการเรียนรู้ในวิชา 20100-1005 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น

2. โปรดเลือกระดับแรงจูงใจของผู้เรียนมากที่สุด พร้อมเขียนข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง กรุณากรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงของผู้เรียน

- | | | | |
|-----------------|---|--|--|
| 1. เพศ | ☐ ชาย | ☐ หญิง | |
| 2. ระดับชั้น | ☐ ปวช. | ☐ ปวส. | ☐ อื่นๆ (ระบุ)..... |
| 3. แผนกวิชาช่าง | ☐ อิเล็กทรอนิกส์ | ☐ เมคคาทรอนิกส์ | ☐ อื่นๆ (ระบุ)..... |

ตอนที่ 2 : การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน โดยระดับ
ขอบคุณภาพแบ่งออกได้ ดังนี้

- 5 หมายถึง มากที่สุด
- 4 หมายถึง มาก
- 3 หมายถึง ปานกลาง
- 2 หมายถึง น้อย
- 1 หมายถึง น้อยที่สุด

รายการ	ระดับแรงจูงใจ				
	5	4	3	2	1
1. ด้านความสนใจ (Attention)					
1.1 ความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน					
1.2 เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความน่าสนใจ					
1.3 เนื้อหาในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีความชัดเจนและทำให้ฉันมีสมาธิ ในชั้นเรียนมากขึ้น					
1.4 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ช่วยกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นของฉันได้					
1.5 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ทำให้ฉันรู้สึกตื่นเต้นสนุก เพลิดเพลินในการเรียนรู้มากขึ้น					
2. ด้านความเกี่ยวข้อง (Relevance)					
2.1 เนื้อหาการเรียนรู้เรื่องนี้เป็นประโยชน์กับฉันในรายวิชาที่ต้องใช้ตัวเก็บประจุ					
2.2 ภาพ เสียง เนื้อหาภายในฉากช่วยให้ฉันเข้าใจเนื้อหาการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น					
2.3 เป้าหมายรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นั้นสอดคล้องกับสิ่งที่ฉันได้เรียนรู้ในชั้นเรียนและฉันสามารถเรียนรู้ได้ในชีวิตประจำวัน					

รายการ	ระดับแรงจูงใจ				
	5	4	3	2	1
3. ด้านความมั่นใจ (Confident)					
3.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นสื่อที่ช่วยสร้างความมั่นใจ					
3.2 หลังจากใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แล้วทำให้ฉันมั่นใจในความสามารถในการเรียนรู้มากขึ้น					
4. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction)					
4.1 วิธีเรียนรู้การอ่านค่าตัวเก็บประจุ ด้วยเกมทำให้ฉันรู้สึกว่ามันแปลกใหม่					
4.2 จากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ นี้ทำให้ฉันรู้สึกชอบเรียนวิชานี้มากขึ้น					
4.3 ฉันยินดีที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้และฉันต้องการใช้ชุดการเรียนรู้นี้เพื่อการเรียนรู้นอกเวลาเรียน					
4.4 การเรียนรู้การอ่านค่าตัวเก็บประจุผ่านเกมโดยใช้การเคลื่อนไหวด้วยแขนมีความง่ายต่อการเล่นเกม					

ตอนที่ 3 : ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

.....

หมายเหตุ การแปลผลการมีส่วนร่วม

- 1.00-1.49 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยน้อยที่สุด
- 1.50-2.49 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยน้อย
- 2.50-3.49 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยปานกลาง
- 3.50-4.49 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยมาก
- 4.50-5.00 หมายถึง ผู้เรียนเห็นด้วยมากที่สุด

QR Code โดยรูปแบบ Google form

แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนในการใช้การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ



ภาคผนวก ค

- ตาราง Test Blueprint
- ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน
- ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))
- แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน



ตารางที่ ค-1 แสดงตารางวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ Test Blueprint

รหัสวิชา 20100-1005 ชื่อวิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น							
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	พฤติกรรมการวัด						รวมข้อ
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	
1. อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงได้ถูกต้อง	1	4					5
2. อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และตัวอักษรได้ถูกต้อง	1	4					5
3. อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสีได้ถูกต้อง	3	2					5
รวม	5	10					15
อันดับ	2	1					

**ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน**

ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ
ผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อ	จุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	การแปลผล
			1	2	3	4	5		
การอ่าน ค่าตัวเก็บ ประจุ	อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบบอกค่า โดยตรงได้ถูกต้อง	1	1	1	0	0	1	0.60	ใช้ได้
		2	1	1	1	0	1	0.80	ใช้ได้
		3	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		4	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		5	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัว อักษรได้ถูกต้อง	6	1	1	1	1	0	0.80	ใช้ได้
		7	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		8	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		9	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		10	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
	อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบแถบสีได้ ถูกต้อง	11	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		12	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		13	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
		14	1	0	1	0	1	0.60	ใช้ได้
		15	1	0	1	0	1	0.60	ใช้ได้

จากตารางที่ ค-2 ข้อสอบที่ผู้วิจัยออกยึดจากเนื้อหา 3 เรื่อง มีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมรวม
ทั้งหมด 3 จุดประสงค์ รวมข้อสอบทั้งหมด 15 ข้อ ผู้วิจัยนำเสนอผู้เชี่ยวชาญประเมิน 5 ท่าน พบว่า
ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่าระดับ 0.60 ขึ้นไปทุกข้อ
สามารถนำไปใช้ในการวัดความรู้ได้

ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ
คูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))

ตารางที่ ค-3 ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))

ข้อที่	ตัวแปร		
	p	q	S_t^2
1	0.86	0.14	11.78
2	0.80	0.20	
3	0.73	0.27	
4	0.80	0.20	
5	0.80	0.20	
6	0.73	0.27	
7	0.86	0.14	
8	0.80	0.20	
9	0.73	0.27	
10	0.66	0.34	
11	0.93	0.07	
12	0.86	0.14	
13	0.86	0.14	
14	0.73	0.27	
15	0.66	0.34	
ความเชื่อมั่น			
$r_t = (\frac{n}{n-1}) \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] = \frac{15}{15-1} \left[1 - \frac{3.19}{11.78} \right] = 0.78$			

จากตารางที่ ค-3 พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ที่ 0.78 ซึ่งเกณฑ์ที่ยอมรับได้จะมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป (สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ เรื่อง การหาคุณภาพของแบบทดสอบ) แสดงว่าแบบทดสอบจำนวน 15 ข้อนี้อยู่ในเกณฑ์ที่สูง เป็นแบบทดสอบที่สามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการวิจัยได้

แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

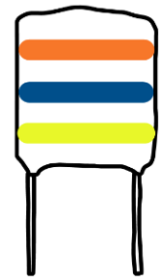
ตารางที่ ค-4 แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ
อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงได้ถูกต้อง	จำ	ข้อ 1 การอ่านค่าค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงที่ นิยมอ่านค่าเป็นหน่วยอะไร ก. มิลลิฟารัด (mF) และนาโนฟารัด (nF) ข. มิลลิฟารัด (mF) และพิโคฟารัด (pF) ค. ไมโครฟารัด (μF) และพิโคฟารัด (pF) ง. ไมโครฟารัด (μ F) และนาโนฟารัด (nF)
อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 2 ข้อใดอ่านค่าของตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง 470 μ F 50V อ่านได้ถูกต้องที่สุด ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 50 โวลต์ ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 50 โวลต์ ค. ความต้านทาน 450 โอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 50 วัตต์ ง. ความต้านทาน 450 กิโลโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 50 วัตต์
อ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 3 ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรง 0.1 pF 25V อ่านได้ถูกต้องที่สุด ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์ ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์ ค. ความต้านทาน 0.1 โอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์ ง. ความต้านทาน 0.1 กิโลโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบบอกค่า โดยตรงได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 4 จากภาพตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงนี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์ ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 25 โวลต์ ค. ความต้านทาน 0.1 โอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์ ง. ความต้านทาน 0.1 กิโลโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 25 วัตต์
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบบอกค่า โดยตรงได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 5 จากภาพตัวเก็บประจุแบบบอกค่าโดยตรงนี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 1.8 ไมโครฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 450 โวลต์ ข. ความจุ 18 พิโกฟารัด ทนแรงดันไฟฟ้าได้ 450 โวลต์ ค. ความจุ 1.8 พิโกฟารัด ทนกำลังไฟฟ้าได้ 450 วัตต์ ง. ความจุ 18 ไมโครฟารัด ทนกำลังไฟฟ้าได้ 450 วัตต์
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัว อักษรได้ถูกต้อง	จำ	ข้อ 6 การอ่านตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร ตัวอักษร K มีค่าความผิดพลาดเท่าไร ก. $\pm 5\%$ ข. $\pm 10\%$ ค. $\pm 15\%$ ง. $\pm 20\%$

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัว อักษรได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 7 ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร 472M อ่านได้ ถูกต้องที่สุด ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$ ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$ ค. ความจุ 4,700 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$ ง. ความจุ 4,700 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัว อักษรได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 8 ข้อใดอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร 104J อ่านได้ ถูกต้องที่สุด ก. ความจุ 0.1 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$ ข. ความจุ 0.1 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$ ค. ความจุ 1 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$ ง. ความจุ 1 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัว อักษรได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 9 จากภาพตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร นี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 10 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$ ข. ความจุ 10 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$ ค. ความจุ 100 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 15\%$ ง. ความจุ 100 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 15\%$

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบรหัส ตัวเลข และตัว อักษรได้ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 10 จากภาพตัวเก็บประจุแบบรหัสและอักษร นี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 470 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$ ข. ความจุ 470 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 10\%$ ค. ความจุ 4,700 ไมโครฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$ ง. ความจุ 4,700 พิโกฟารัด ค่าความผิดพลาด $\pm 20\%$
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบแถบสีได้ ถูกต้อง	จำ	ข้อ 11 สีน้ำตาลที่อยู่ในแถบที่ 1 ของตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่า หมายเลขใด ก. 0 ข. 1 ค. 2 ง. 3
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบแถบสีได้ ถูกต้อง	จำ	ข้อ 12 สีเหลืองที่อยู่ในแถบที่ 2 ของตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่า หมายเลขใด ก. 2 ข. 3 ค. 4 ง. 5

จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	การวัด	ข้อสอบ
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบแถบสีได้ ถูกต้อง	จำ	ข้อ 13 สีส้มที่อยู่ในแถบที่ 3 (ตัวคูณ) ของตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีค่าเท่าใด ก. $\times 1$ ข. $\times 10$ ค. $\times 100$ ง. $\times 1,000$
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบแถบสีได้ ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 14 จากภาพตัวเก็บประจุแบบแถบสี นี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 14 พิโกฟารัด ข. ความจุ 140 พิโกฟารัด ค. ความจุ 1,400 พิโกฟารัด ง. ความจุ 1.4 ไมโครฟารัด
อ่านค่าตัวเก็บ ประจุแบบแถบสีได้ ถูกต้อง	เข้าใจ	ข้อ 15 จากภาพตัวเก็บประจุแบบแถบสี นี้มีค่าเท่ากับข้อใด  ก. ความจุ 360 พิโกฟารัด ข. ความจุ 3,600 พิโกฟารัด ค. ความจุ 360 ไมโครฟารัด ง. ความจุ 3,600 ไมโครฟารัด

ภาคผนวก ง

- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของด้านเนื้อหาในบทเรียนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์การประเมินด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ
- ภาพกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

**การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของด้านเนื้อหาของบทเรียน
กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ**

ตารางที่ ง-1 การประเมินด้านความเหมาะสมของด้านเนื้อหาของบทเรียน

หัวข้อการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยง เบนมาตรฐาน (S.D.)	การแปล ผล
	1	2	3	4	5			
1. ข้อความใช้คำศัพท์ถูกต้อง	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. เนื้อหามีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ลำดับเนื้อหาภายในเกมมีความ เหมาะสม	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ความเหมาะสมของเนื้อหาภายใน เกม	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5. ความเหมาะสมในการใช้ภาษา ของเนื้อหาภายในเกม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
6. เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
7. ภาพประกอบการสอนสื่อ ความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	4	5	5	4	4	4.40	0.55	มาก
8. ภาพกราฟฟิกภายในเกมสื่อ ความหมายได้ตรงกับเนื้อหา	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
9. เนื้อหาภายในเกมสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
10. ความเหมาะสมของเนื้อหาใน คำถาม	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม						4.82	0.15	มากที่สุด

จากตารางที่ ง-1 ผลการประเมินคุณภาพในด้านเนื้อหาของบทเรียนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีภาพรวมคุณภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระดับ ($\bar{X} = 4.82$, $S.D. = 0.15$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 ข้อความใช้คำศัพท์ถูกต้อง ข้อที่ 2 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ข้อที่ 5 ความเหมาะสมในการใช้ภาษาของเนื้อหาภายในเกม ข้อที่ 6 เนื้อหาเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย ข้อที่ 8 ภาพกราฟฟิภายในเกมสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา และข้อที่ 9 เนื้อหาภายในเกมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ($\bar{X} = 5$, $S.D. = 0$) และ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 7 ภาพประกอบการสอนสื่อความหมายได้ตรงกับเนื้อหา ($\bar{X} = 4.40$, $S.D. = 0.55$)



**การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ**

ตารางที่ ง-2 การประเมินด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

หัวข้อการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยง เบนมาตรฐาน (S.D.)	การแปล ผล
	1	2	3	4	5			
1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ เกม มีความน่าสนใจ	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ เกมเหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียน	5	4	4	4	4	4.20	0.45	มาก
3. มีการอธิบายขั้นตอนในการเล่น อย่างชัดเจน	5	3	5	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
4. มีการใช้ภาษาถูกต้อง สื่อ ความหมายได้ชัดเจน	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5. สี ขนาด และรูปแบบตัวอักษรมี ความเหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
6. โทนสีของฉาก พื้นหลัง วัตถุ ภายในเกมมีความเหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
7. ออกแบบองค์ประกอบฉากภายใน เกมได้อย่างเหมาะสม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
8. รูปแบบในการเล่นไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
9. ระยะเวลาในการเล่นมีความ เหมาะสมกับเนื้อหา	5	5	5	5	4	4.80	0.45	มากที่สุด
10. ความเหมาะสมของคำถาม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม						4.76	0.17	มากที่สุด

จากตารางที่ ง-2 ผลการประเมินคุณภาพในด้านคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านค่าตัวเก็บประจุโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีภาพรวมคุณภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระดับ ($\bar{X} = 4.76$, $S.D. = 0.17$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม มีความน่าสนใจ ข้อที่ 5 สี ขนาด และรูปแบบตัวอักษรมีความเหมาะสม ข้อที่ 7 ออกแบบองค์ประกอบฉากภายในเกมได้อย่างเหมาะสม และข้อที่ 8 รูปแบบในการเล่นไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย ($\bar{X} = 5.00$, $S.D. = 0.00$) และ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกม เหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียน ($\bar{X} = 4.20$, $S.D. = 0.45$)



**การวิเคราะห์การประเมินด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
โดยใช้เกมเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ**

ตาราง ง-3 การประเมินด้านความเหมาะสมของด้านการส่งเสริมการเรียนรู้

หัวข้อการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)	การแปลผล
	1	2	3	4	5			
1. ช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้เรียนเอง และผู้เรียนกับผู้สอน	5	5	4	4	4	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม						4.87	0.18	มากที่สุด

จากตารางที่ ง-3 ผลการประเมินคุณภาพในด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีภาพรวมคุณภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระดับ ($\bar{X} = 4.87$, $S.D. = 0.18$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 ช่วยกระตุ้นแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน และ ข้อที่ 2 ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียนรู้ ($\bar{X} = 5$, $S.D. = 0.00$) และ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 3 ส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้เรียนเอง และผู้เรียนกับผู้สอน ($\bar{X} = 4.60$, $S.D. = 0.55$)

นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้ให้ข้อเสนอแนะดังนี้

- ค่าของตัวเก็บประจุควรให้มีหลายชนิดมากกว่านี้ เพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ
- ในด้านที่ 3 การอ่านคำตัวเก็บประจุแบบแถบสี ควรให้มีลูกศรชี้บอกว่าแถบสีไหน 1, 2,

**ภาพกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ชุดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐาน
เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ**



ภาพที่ ง-1 ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน และการสอนทฤษฎี

จากภาพ ง-1 ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน และการสอนทฤษฎีผู้วิจัยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ เมื่อผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนเสร็จแล้ว จึงดำเนินการสอนด้านทฤษฎีด้วยการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจในเนื้อหา ด้วยวิธีใช้คำถามโต้ตอบกับผู้เรียน ใช้ระยะเวลาสั้นๆ ประมาณ 5-10 นาที จากนั้นจึงให้เนื้อหาที่เป็นทฤษฎีของตัวเก็บประจุ ผู้สอนใช้การบรรยายร่วมกับพาวเวอร์พอยต์ 50 นาที โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับการอ่านค่าตัวเก็บประจุทั้ง 3 แบบ ประกอบด้วย แบบที่ 1 การอ่านค่าที่ปรากฏบนตัวเก็บประจุ แบบที่ 2 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลขและตัวอักษร และ แบบที่ 3 การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบแถบสี



ภาพที่ ง-2 ขั้นก่อนใช้เกม การอธิบายและนำเสนอเกม

จากภาพที่ ง-2 ขั้นก่อนใช้เกม การอธิบายและนำเสนอเกมเมื่อผู้เรียนผ่านการทำแบบทดสอบก่อนเรียน 15 ข้อ และการเรียนทฤษฎีเสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปให้ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายกฎกติกาในวิธีการเล่นเกมให้แก่ผู้เรียน



ภาพที่ ง-3 ขั้นระหว่างการใช้เกม

จากภาพที่ ง-3 ขั้นระหว่างการใช้เกมเมื่อผู้เรียนเข้าใจกฎกติกาในการเล่นแล้ว ขั้นตอนต่อไปให้ผู้เรียนทดลองใช้เกมเรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ โดยใช้โปรแกรมเกมที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมยูนิตี้ ร่วมกับ อุปกรณ์โคเนคสำหรับควบคุมเกม โดยให้ผู้เรียนทั้ง 15 คน ต่อแถวเรียงตามเลขที่ เข้าเล่นเกมทีละ 1 คน เนื้อหาของเกมประกอบไปด้วย ระดับที่ 1 มี 3 ด้าน ในการอ่านคำตัวเก็บประจุแบบค่าที่ตัวเก็บประจุ มีกำหนดเวลา 15 วินาที ระดับที่ 2 มี 3 ด้าน ในการอ่านคำตัวเก็บประจุแบบรหัสตัวเลข และ ตัวอักษร มีกำหนดเวลา 15 วินาที และระดับที่ 3 มี 3 ด้าน ในการอ่านคำตัวเก็บประจุแบบแถบสี มีกำหนดเวลา 15 วินาทีโดยผู้เรียนเรียงแถวอ่านคำตามเลขที่ให้ครบ 15 คน ถ้าผู้เรียนตอบผิด หรือตอบไม่ทันเวลา พลังจะลดลงไปเรื่อย ๆ



ภาพที่ ง-4 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล สรุปคะแนนของเกม

จากภาพที่ ง-4 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล สรุปคะแนนของเกม หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้เกมครบ 3 ระดับเสร็จสิ้นแล้ว เมื่อสรุปผลคะแนนได้จัดลำดับคะแนนสูงสุดแต่ละระดับ 3 อันดับแรก จากนั้นมอบรางวัลให้กับผู้ที่ได้คะแนนสูงสุด



ภาพที่ ง-5 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล ทำแบบทดสอบหลังเรียน

จากภาพที่ ง-5 ขั้นประเมินผล และสรุปผล ทำแบบทดสอบหลังเรียนหลังจากสรุปผลคะแนนได้จัดลำดับคะแนนเสร็จสิ้นแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 15 ข้อ



ภาพที่ ง-6 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล ทำแบบประเมินระดับแรงจูงใจ

จากภาพที่ ง-6 ขั้นการประเมินผล และสรุปผล ทำแบบประเมินระดับแรงจูงใจ หลังจากทำแบบทดสอบหลังเรียนเสร็จสิ้นแล้ว จึงให้ผู้เรียนทำแบบประเมินระดับแรงจูงใจต่อกระบวนการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานโดยผู้เรียนให้สแกน QR Code ในรูปแบบ Google Form จำนวน 15 ข้อ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน 1. ด้านความสนใจ 2. ด้านความเกี่ยวข้อง 3. ด้านความมั่นใจ และ 4. ด้านความพึงพอใจ

ภาคผนวก จ

- แบบแจ้งการยืนยันการรับบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 14
- นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย 14
- QR Code รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการโครงการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ 14



แบบแจ้งการยืนยันการรับบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย 14



ที่ ขว ๓/๓๐๔ /๒๕๖๔

มหาวิทยาลัยพะเยา
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๕ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง แจ้งการยืนยันการรับบทความในการประชุมวิชาการระดับชาติ “พะเยาวิจัย ครั้งที่ ๑๔”

เรียน คุณภัทรพันธ์ จันทรวง

ตามที่ท่านมีความประสงค์เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติ พะเยาวิจัย ครั้งที่ ๑๔ ภายใต้หัวข้อ “University role for Area Manager Development” ในระหว่างวันที่ ๒๒-๒๔ มกราคม ๒๕๖๔ ในรูปแบบ Hybrid ณ อาคาร ๙๙ ปี พระอุบาลีคุณูปมาจารย์ (ปวง ธรรมปญโญ) มหาวิทยาลัยพะเยา และการประชุมออนไลน์ผ่านระบบ Virtual conference นั้น

บัดนี้ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิจัย ได้พิจารณาผลงานของท่าน เป็นที่เรียบร้อยแล้ว มีความยินดีที่จะเรียนให้ท่านทราบว่าผลงานของท่าน **ในชื่อเรื่อง: “การพัฒนาารูปแบบ การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่านคำตัวเก็บประจุ”** ได้ผ่านการพิจารณาคัดเลือกให้นำเสนอ รูปแบบ Oral Presentation ในการประชุมวิชาการระดับชาติ “พะเยาวิจัย ครั้งที่ ๑๔” จึงขอแจ้งการยืนยัน การรับบทความของท่านและการนำไปลงเผยแพร่ฉบับอิเล็กทรอนิกส์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และคณะกรรมการจัดการประชุม ฯ ขอขอบพระคุณท่าน ที่เข้าร่วมการประชุมวิชาการระดับชาติ “พะเยาวิจัย ครั้งที่ ๑๔” มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสมอ ฉาน้อย)

ลงทะเบียนเข้าร่วมนำเสนอ



รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยพะเยา

คณะกรรมการดำเนินงานด้านบทความการประชุมวิชาการพะเยาวิจัย ครั้งที่ ๑๔
โทรศัพท์ ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๐๔๔ (ณ กานต์ วิ่งแสง, รัชฎาภรณ์ แก้วสืบ)
โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๘ ๒๖๒๙ ๑๙๗๐

นำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย 14



ภาพที่ จ-2 การเข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย 14
ประเภท Oral Presentation กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพที่ จ-3 การนำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย 14
ประเภท Oral Presentation กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพที่ จ-4 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย14



ภาพที่ จ-5 QR Code รายงานสืบเนื่องจากโครงการประชุมวิชาการระดับชาติพะเยาวิจัย ครั้งที่ 14

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายภัทรพันธ์ จันทรสูง
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่องการอ่าน ค่าตัวเก็บประจุ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา แขนงวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์และหุ่นยนต์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ประวัติ	สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (คอบ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงราย เมื่อปีพุทธศักราช 2558
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2565 – ปัจจุบัน ตำแหน่ง ครู แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง พ.ศ. 2565 – 2565 ตำแหน่ง ครูผู้ช่วย ช่างอุตสาหกรรมศิลป์ โรงเรียนนครไตรตรึงษ์ พ.ศ. 2558 – 2565 ตำแหน่ง ครูพิเศษสอน แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยสารพัดช่างกำแพงเพชร
อีเมล	jansoongmos55@gmail.com