



การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์

Development of Instructional Packages of Vector Quantities

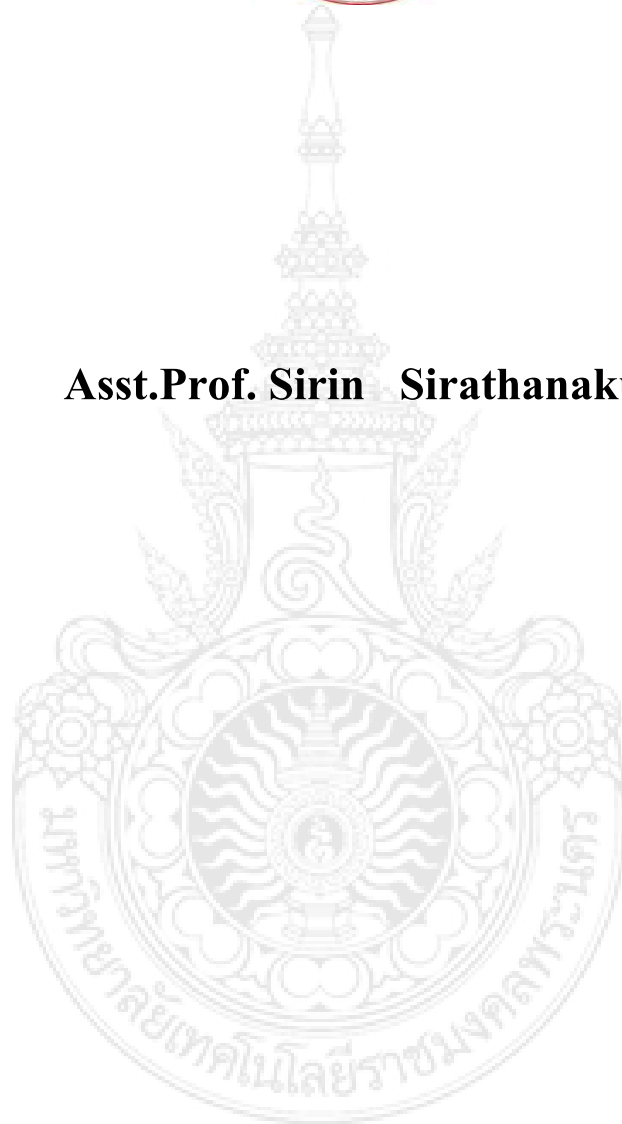
ผศ.สิริน ธีระชนกุล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากงบประมาณเงินผลประโยชน์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



Asst.Prof. Sirin Sirathanakul



Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

2013

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์

ปีการศึกษา : 2556

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มที่เรียนด้วยชุดการสอนกับกลุ่มที่เรียนตามปกติ

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัย คือนักศึกษาที่เรียนวิชาหลักฟิสิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงได้ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาคปกติ 2 ห้องเรียน ห้องละ 30 คน กลุ่มทดลองเรียนด้วยรูปแบบชุดการสอน และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นชุดการสอนประกอบการบรรยาย ประกอบด้วย แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน หลังจบการเรียนการสอน การทำและเฉลยแบบฝึกหัด ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัยเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ ข้อสอบมีค่าความยาก-ง่ายระหว่าง 0.30 – 0.77 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 – 0.67 และค่าความเชื่อมั่น 0.73

การวิเคราะห์ข้อมูล แยกเป็น 2 ส่วนคือ

1.การพัฒนาชุดการสอน ใช้สถิติคำนวณหาค่าระดับคุณภาพชุดการสอน แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1.1 คุณภาพของชุดทดลองปริมาณเวกเตอร์ ค่าความเชื่อมั่นของชุดทดลอง ใช้สถิติ One – Sample t- test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Statistis 8.0 แล้วนำผลที่ได้มาแปลเป็นระดับคุณภาพ

1.2 คุณภาพของแผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อการสอน ใช้สถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต

2.การเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สถิติ t - test ที่ระดับ .05

ผลการวิจัย พบว่า

1. การพัฒนาชุดการสอน มีระดับคุณภาพดีมาก ทั้งในส่วนคุณภาพของชุดทดลองและส่วนคุณภาพของแผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

Abstract

Title : Development of Instructional Packages of Vector Quantities

Year : 2013

The purposes of this research aimed to 1) develop the instructional packages namely Vector Quantities and 2) compare the achievement scores of the experimental group and the control group.

The samples were 60 Computer Science students of Faculty of Science and Technology at Rajamangala University of Technology Phra Nakhon who took Principle of Physics course in semester 1, academic year 2013. They were purposely selected as an experimental group (30 students) and a control group (30 students). They were given two different treatments ; teaching with the instructional packages and the conventional teaching.

The research instruments for the experimental group were the instructional packages comprised lesson plans, instructional documents and instructional media, whereas the control group was taught with only instructional documents. After of the experimental process, both of them were given exercises and teacher's feedback. Then they were tested to see their achievement. The test was 20 multiple choice items which had the degree of difficulty between 0.33-0.77, the degree of discrimination between 0.30-0.77 and the degree of reliability coefficient at 0.73.

The analysis of data comprised 2 parts as follows:

1. The development of instructional packages was evaluated by using statistics One – Sample t -test on Vector quantities Demonstration and using statics in terms of mean on the lesson plans , instructional documents and instructional media .
2. The achievement scores were evaluated by using t-test at the level of 0.5.

The results of this research revealed that :

1. The quality of the instructional packages was excellent.
2. The achievement scores of the students who studied with the instructional packages were higher than those of the control group at the level of .05.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้จากการได้รับความช่วยเหลือจากคณาจารย์ในกลุ่มวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งในส่วนที่เป็นผู้เชี่ยวชาญที่ให้คำแนะนำและตรวจประเมินชุดการสอน ได้แก่ ดร. ชัชวาล ศรีภักดี นายวรารุติ พุทธิให้ และนายจิระศักดิ์ ธาระจักร์ และอาจารย์ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการใช้สถิติวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของชุดทดลอง ดร. ไพศาล การถาง และได้รับการช่วยเหลือจากอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อเครื่องมือ นายสุนทร คำพินิจ อาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ ที่ช่วยดำเนินการสร้างสื่อชุดทดลอง เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของสื่อที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่อนุมัติให้ทุนวิจัยโดยใช้เงินงบประมาณผลประโยชน์คณะฯ ประจำปี 2555 และงานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จได้ก็ด้วยความร่วมมือของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงขอขอบคุณทุกคนของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยจนกระทั่งสำเร็จผล

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกกำลังใจที่ให้การสนับสนุนตลอดการวิจัย รวมทั้งส่วนงานวิจัยของคณะฯ และขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวนามในที่นี้ที่มีส่วนช่วยเหลือและสนับสนุนการวิจัยให้สำเร็จได้ด้วยดี

สิริน สิริชนกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์ของคำที่ใช้ในการวิจัย	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
ประโยชน์ที่จะได้รับการวิจัย	6
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
หลักการของชุดการสอน	8
การพัฒนาชุดการสอน	15
การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	29
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	32
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วิธีการสร้างและการหาคุนภาพของเครื่องมือ	33
การเก็บรวบรวมข้อมูล	38
การวิเคราะห์ข้อมูล	39
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	43
5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	47
สรุปผลการวิจัย	47
อภิปรายผลการวิจัย	47
ข้อเสนอแนะ	50
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	50
บรรณานุกรม	51
ภาคผนวก ก. ชุดการสอน	55
คู่มือการใช้ชุดการสอน	56
แผนการสอน	57
ลักษณะรายวิชา	59
การแบ่งหน่วยเรียน	60
การแบ่งบทเรียน	60
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	61
ตารางวิเคราะห์หลักสูตร ด้านพุทธิพิสัย	61
แนวการจัดการเรียนการสอน	62
เอกสารประกอบการสอน	72
ใบเนื้อหา	74
แบบฝึกหัด	90

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เฉลยแบบฝึกหัด	95
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	96
เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	101
สื่อการสอน	102
การสร้างชุดทดลอง	104
คู่มือการใช้ชุดทดลอง	113
การสร้างสื่อการสอน Power Point	124
ตัวอย่าง สื่อใบงาน (Power Point)	125
ตัวอย่าง สื่อการทดลอง (Power Point)	126
ตัวอย่าง สื่อแบบฝึกหัด (Power Point)	127
ภาคผนวก ข การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ	128
ภาคผนวก ค. การประเมินคุณภาพชุดการสอน	132
การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือชุดทดลอง	133
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบชุดการสอน	135
ประเมินคุณภาพของแผนการสอน	136
ประเมินคุณภาพของเอกสารประกอบการสอน	137
ประเมินคุณภาพของสื่อการสอนด้านเทคนิค	138
ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	139
ภาคผนวก ง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	140
ประวัติผู้วิจัย	143

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ผลการประเมินคุณภาพของ แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิค โดยผู้เชี่ยวชาญ	44
2. แสดงผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	44
3. ค่าความยาก-ง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	129
4. คะแนนผลการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	130
5. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	141



บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการศึกษาในปัจจุบันมุ่งให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้ ความสามารถ คุณธรรม และความรับผิดชอบต่อสังคม กระบวนการจัดการศึกษาคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ดังจะเห็นได้จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 แนวการจัดการศึกษาให้ยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง ผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงามและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ในทุกวิชา ประเมินผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา(พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ ฉบับล่าสุด, [www.moe.go.th/edtechfund/.../prb_study\(final\).pd](http://www.moe.go.th/edtechfund/.../prb_study(final).pd))

คุณภาพของประชากรเป็นปัจจัยสำคัญของการพัฒนาประเทศ ซึ่งคุณภาพประชากรเป็นผลจากประสิทธิภาพของการจัดการศึกษา จรินทร์ จุลวานิช (2541 : 1) ได้กล่าวถึง การจัดการศึกษาที่ขาดประสิทธิภาพว่าทำให้สิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ เป็นอุปสรรคร้ายแรงที่บั่นทอนการพัฒนาประเทศ และจากรายงานการวิจัยของกรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ(กระทรวงศึกษาธิการ 2540 : 80 – 88, อ้างอิงจาก เชน สุขเกษม ,2550 : 2) พบว่าองค์ประกอบที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงสุดคือ คุณภาพของการสอนและรองลงมาคือความรู้พื้นฐานเดิม รูปแบบการสอนเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพการสอน รูปแบบการสอนจึงส่งผลต่อคุณภาพของประชากร

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของการพัฒนาเทคโนโลยีและคุณภาพของประชากร วิชาฟิสิกส์ ถูกจัดไว้ในหมวดวิชาเฉพาะ กลุ่มวิชาแกนของการศึกษาในระดับอุดมศึกษา ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เนื้อหาความรู้วิชาด้านฟิสิกส์ในระดับอุดมศึกษานี้มีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมหลายเรื่อง เช่นเนื้อหาในหน่วยเรียน เรื่อง “ปริมาณเวกเตอร์” รายวิชาด้านฟิสิกส์ ระดับปริญญาตรี มีการเรียนการสอนในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต และหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เป็นเนื้อหาหนึ่งที่เป็นนามธรรม ที่เข้าใจได้ยากและบางครั้งไม่บรรลุวัตถุประสงค์การสอน ต้องใช้เวลาในการเรียนการสอนมาก ซึ่งสอดคล้องกับที่ประจวบ ลาสิงห์ (2551:1) ได้กล่าวถึงเนื้อหาความรู้ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมว่าเป็นเนื้อหาที่ยากต่อการอธิบายและยกตัวอย่างประกอบให้เห็นได้อย่างชัดเจนทำให้การสอนบางครั้งไม่บรรลุวัตถุประสงค์การสอน เนื้อหาความรู้เกี่ยวกับปริมาณเวกเตอร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการนำความรู้ไปใช้ในเนื้อหาอื่นๆ ซึ่งต่อเนื่องกัน เช่น การเคลื่อนที่ แรง การชน โมเมนตัม เป็นต้น ความรู้ในเรื่องปริมาณเวกเตอร์จึงส่งผลในระยะยาว ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน ปริมาณเวกเตอร์เป็นปริมาณที่ไม่ได้มีเฉพาะขนาดแต่มีทิศทางด้วย การคำนวณที่เกี่ยวกับปริมาณเวกเตอร์จึงต้องคำนึงถึงทิศทางด้วยการคำนวณปริมาณเวกเตอร์จึงมีความแตกต่างจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ทั่วไปที่มีเฉพาะขนาดเท่านั้น ซึ่งรูปแบบการสอนปกติที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์คือ การสอนแบบบรรยายผสมผสานกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และรูปแบบการสอนอีกแบบหนึ่งที่กำลังได้รับการนิยมนำมาใช้ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์คือการใช้ชุดการสอน ดังเห็นได้จากการวิจัยทางการเรียนการสอนวิชาด้านวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่ศึกษารูปแบบการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ชุดการสอนมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำไปใช้ ซึ่งจรินทร์ จุลวานิช (2541 : 3) ได้กล่าวถึงรูปแบบของชุดการเรียนการสอนประกอบการบรรยายว่าเป็นสื่อการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการสอนในระดับอุดมศึกษา สอดคล้องกับที่ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2525 : 119) ที่ให้ความเห็นว่าการสอนในระดับอุดมศึกษานิยมใช้ชุดการสอนแบบประกอบการบรรยาย

ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญของรูปแบบการสอนที่มีต่อประสิทธิภาพการจัดการศึกษา และเพื่อให้ผู้เรียนจำนวนมากได้รับความรู้ในแนวเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ จึงประสงค์ที่จะพัฒนา

ชุดการสอนประกอบการบรรยาย เรื่องปริมาณเวกเตอร์ และ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนปกติ การสอนสองรูปแบบนี้มีข้อดีและข้อเสียต่างกันคือรูปแบบการสอนปกติใช้สื่อการสอนเป็นเอกสารประกอบการสอนจะดำเนินการสอนได้รวดเร็ว และมีเวลาในการเรียนการสอนได้เต็มเวลา ส่วนรูปแบบการสอนด้วยชุดการสอนประกอบการบรรยายที่ผู้วิจัยจะพัฒนาขึ้นนั้นจะประกอบด้วยสื่อการสอนเป็น Power Point และชุดทดลอง ปริมาณเวกเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าชุดทดลองจะช่วยให้เกิดการรู้รับรู้เนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น แต่การสอนรูปแบบชุดการสอนนี้ทำให้มีเวลาในการเรียนการสอนได้ไม่เต็มเวลาเนื่องจากต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลผลการทดลอง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 พัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”
- 2.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดการสอนกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนปกติ เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” ตามระยะเวลาที่กำหนดตามแผนการสอน

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ชั้นปีที่ 1 ภาคปกติ จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนห้องเรียนละ 30 คน รวมจำนวน 60 คน

กลุ่มทดลอง เรียนรู้ด้วยรูปแบบชุดการสอน

กลุ่มควบคุม เรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนปกติ

3.2 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชาหลักฟิสิกส์ รหัสวิชา 02-511-101 เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

3.3 ระยะเวลาการวิจัย จำนวน 2 ชั่วโมง ทั้งนี้ไม่รวมเวลาการทำแบบฝึกหัด การเฉลยแบบฝึกหัด และการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ชุดการสอน

ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. นิยามศัพท์ของคำที่ใช้ในการวิจัย

4.1 ปริมาณเวกเตอร์ หมายถึงปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทางจึงจะมีความหมายสมบูรณ์ ในการวิจัยเรื่องนี้จะศึกษาปริมาณเวกเตอร์เฉพาะส่วนบทเรียน “ เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ ”

4.2 ชุดการสอน หมายถึงชุดการสอนประกอบการบรรยายที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยแผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน

4.3 การสอนปกติ หมายถึง รูปแบบการสอนที่ผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการสอนแบบบรรยายผสมกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยแผนการสอน และเอกสารประกอบการสอน

4.4 แผนการสอน หมายถึง เอกสารที่ใช้เป็นคู่มือการสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยลักษณะรายวิชา การแบ่งหน่วยเรียน การแบ่งบทเรียน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตารางวิเคราะห์หลักสูตรด้านพุทธิพิสัย และแนวการจัดการเรียนการสอน

4.5 เอกสารประกอบการสอน หมายถึงเอกสารประกอบการสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด และเฉลยแบบฝึกหัด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.6 สื่อการสอน หมายถึงสื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนได้ตรงกับที่ผู้สอนต้องการ ในการวิจัยนี้สื่อการสอนประกอบด้วย สื่อชุดทดลอง และสื่อ Power Point

4.7 คุณภาพของชุดการสอน หมายถึงระดับคุณภาพของแผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิค ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และระดับคุณภาพของชุดทดลอง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4.8 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึงอาจารย์ที่มีความรู้และความสามารถในเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเป็นผู้จบปริญญาโทด้านฟิสิกส์และมีประสบการณ์สอนไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือเป็นผู้จบปริญญาเอกด้านฟิสิกส์ และมีประสบการณ์สอนไม่น้อยกว่า 3 ปี หรือเป็นผู้มีตำแหน่งผลงานวิชาการด้านฟิสิกส์ระดับไม่ต่ำกว่าผู้ช่วยศาสตราจารย์

4.9 ผู้ใช้สื่อชุดทดลอง หมายถึง อาจารย์และนักศึกษาที่ทดลองเก็บข้อมูลจากเครื่องมือชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

4.10 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ผู้เรียนได้รับจากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื้อหาความรู้ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

5. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบชุดการสอนกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบตามปกติ ประกอบด้วยขั้นตอนการวิจัย 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) กำหนดระยะเวลาที่ใช้สอน จากคำอธิบายรายวิชา การแบ่งหน่วยเรียน และการแบ่งบทเรียน

2) ศึกษาขอบเขตของเนื้อหา โดยศึกษาจากคำอธิบายรายวิชา เอกสารที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ

3) กำหนดรูปแบบของสื่อที่ใช้ในชุดการสอน โดยศึกษาเนื้อหาความรู้ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสื่อ แหล่งเรียนรู้ หนังสือ เอกสารต่าง ๆ และความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์ด้านการผลิตเครื่องมือและการผลิตสื่อการสอน

4) สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

1. แผนการสอน ประกอบด้วย ลักษณะรายวิชา การแบ่งหน่วยเรียน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตารางวิเคราะห์หลักสูตรด้านพุทธิพิสัย และแนวการจัดการเรียนการสอน ยึดตาม มคอ. 3 ที่ผู้วิจัยเสนอต่อคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเพิ่มเติมรายละเอียดบางส่วนที่เกี่ยวกับการวิจัย

2. เอกสารประกอบการสอน ประกอบด้วย

2.1 ใบเนื้อหา ค้นคว้าจาก ตำรา เอกสารที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลบนเครือข่าย อินเทอร์เน็ตและคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ ยึดตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน

2.2 แบบฝึกหัดพร้อมเฉลย สร้างจากใบเนื้อหาและข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.3 ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สร้างจากใบเนื้อหาและให้สอดคล้องกับ ตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับการวิจัย

3. สร้างสื่อการสอน ประกอบด้วย

3.1 ชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” ยึดรูปแบบการออกแบบสร้างเครื่องมือ เกี่ยวกับ ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ และความสะดวกในการใช้งาน เป็นต้น

3.2 สื่อการสอน Power Point แสดงเนื้อหาสาระสำคัญยึดตามวัตถุประสงค์ของ บทเรียน ยึดรูปแบบการออกแบบสร้างสื่อเกี่ยวกับ สีพื้น ขนาดตัวอักษร การใช้ภาพประกอบ เป็นต้น

5) พัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือวิจัย ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

คุณภาพของแผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิค ประเมินจากค่าระดับความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เกณฑ์คุณภาพระดับดีถึงดีมาก

คุณภาพของชุดทดลอง ประเมินจากความเชื่อมั่นของผลการทดลองเทียบกับค่าทฤษฎี แล้วแปลเป็นระดับคุณภาพ เก็บข้อมูลจากผู้ใช้ชุดทดลอง จำนวน 6 คน เกณฑ์คุณภาพระดับดีถึงดีมาก

6) ขึ้นประเมินเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

7) สรุปผลการศึกษาจากการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

6.1 แผนการสอน บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

6.2 เอกสารประกอบการสอน บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

6.3 สื่อการสอนชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

6.4 สื่อการเรียนการสอน Power Point บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

6.5 ถ่ายทอดผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมายที่มีการเรียนรู้ บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”
วิชาหลักฟิสิกส์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัย
ได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งนำเสนอตามลำดับ 4 เรื่อง ดังนี้

1. หลักการของชุดการสอน
 - 1.1 ความหมายของชุดการสอน
 - 1.2 ประเภทและรูปแบบของชุดการสอน
 - 1.3 องค์ประกอบของชุดการสอน
 - 1.4 คุณค่าและประโยชน์ของชุดการสอน
2. การพัฒนาชุดการสอน
 - 2.1 หลักการผลิตชุดการสอน
 - 2.2 การเขียนวัตถุประสงค์การสอน
 - 2.3 การเลือกสื่อการสอน
3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.1 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 รูปแบบการวัดผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. หลักการของชุดการสอน

1.1 ความหมายของชุดการสอน

ชุดการสอน ชุดการเรียน และชุดการเรียนการสอน เป็นคำที่ใช้ในการสื่อความหมายในลักษณะเดียวกัน ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2525:19) ได้ให้ความหมายของชุดการสอน ว่า หมายถึง การนำระบบสื่อประสม ที่สอดคล้องกับเนื้อหา มาเป็นเครื่องมือในการสอนหรือให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเอง หรือผู้เรียนและผู้สอนใช้ร่วมกัน เพื่อช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นตามจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนที่ตั้งใจไว้ ชุดสอนนิยมจัดไว้ในกล่องหรือซองเป็นหมวด ๆ ภายในชุดการสอนจะประกอบด้วย คู่มือการใช้ชุดการสอน สื่อการสอนที่สอดคล้องกับเนื้อหาและประสบการณ์และการมอบหมายงานเพื่อให้ผู้เรียนมีประสบการณ์กว้างขวางขึ้น"

สุภาพร บุญหนัก (2544:8) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนว่า หมายถึงการนำสื่อการเรียนการสอนหลายๆ อย่างมาใช้ร่วมกัน โดยให้สอดคล้องกับวิชา หน่วยเรียน หัวเรื่อง เนื้อหา และวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้มีการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสามารถหรือการทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

อรอุมา ไชยโยธา (2547:10) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนว่า หมายถึง สื่อการสอนที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นโดยใช้วัสดุอุปกรณ์หลายชนิดประกอบกัน เพื่อทำให้ผู้เรียนศึกษา และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำช่วยเหลือและมีการนำหลักการทางจิตวิทยามาใช้ประกอบในการเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับความสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

เยาวภา ผูกสมักร (2554:10) ได้กล่าวว่าชุดการสอนและชุดการเรียนเป็นคำที่มีความหมายคล้ายกัน โดยคำว่าชุดการสอน เป็นคำที่ใช้มาดั้งเดิมหมายถึงระบบการผลิตและการนำสื่อการเรียนต่างๆ ที่สัมพันธ์กับเนื้อหา มาส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นผู้ทำกิจกรรมก็คือครู ซึ่งครูเป็นผู้จัดรวบรวมสื่อเพื่อให้ครูเป็นผู้

ลงมือใช้ แต่เนื่องจากปัจจุบันการศึกษายึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง จึงใช้คำว่า ชุดการเรียนรู้ เพื่ออ้างถึงแนวการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง จึงมีผู้นิยมเรียกชุดการสอนว่าชุดการเรียนรู้ และบางคนเรียกรวมกันเป็นคำว่าชุดการเรียนการสอน โดยให้เหตุผลว่าการเรียนรู้เป็นกิจกรรมของนักเรียน และการสอนเป็นกิจกรรมของครู กิจกรรมของครูและนักเรียนจะต้องเกิดคู่กัน

จากการศึกษาความหมายของชุดการสอนข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่า ชุดการเรียนรู้ ชุดการเรียน การเรียนการสอน และชุดการสอน มีความหมายคือหมายถึงชุดสื่อประสมหลายอย่างมาประกอบกัน เพื่อใช้ในการการเรียนการสอน โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ประเภทและรูปแบบของชุดการสอน

นักการศึกษาได้กล่าวถึงประเภทของชุดการสอนไว้ต่างๆ กัน ตามลักษณะการใช้ ดังนี้

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2542:94-95) ได้จำแนกประเภทของชุดการสอนเป็นชุดกิจกรรม

3 ประเภท คือ

1. ชุดการสอนประกอบคำบรรยาย เป็นชุดการเรียนการสอนสำหรับผู้สอนที่ต้องการปูพื้นฐานให้ผู้เรียนส่วนใหญ่ได้รู้และเข้าใจในเวลาเดียวกัน มุ่งในการขยายเนื้อหาสาระให้ชัดเจนขึ้น ชุดกิจกรรมแบบนี้จะช่วยให้ผู้สอนลดการพูดให้น้อยลง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม กิจกรรมการเรียนมากยิ่งขึ้น และเป็นการใช้สื่อการสอนที่มีพร้อมอยู่ในชุด สื่อที่ใช้อาจได้แก่ รูปภาพ แผนภูมิ หรือกิจกรรมที่กำหนดไว้เป็นต้น

2. ชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม เป็นชุดการเรียนการสอนสำหรับให้ผู้เรียนใช้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ ประมาณ 5-7 คน โดยใช้สื่อการสอนที่บรรจุไว้ในแต่ละชุด มุ่งที่จะฝึกทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนและผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมกัน มักจะใช้สอนในการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม เช่น การสอนแบบศูนย์การเรียน เป็นต้น

3. ชุดการสอนแบบรายบุคคลหรือชุดการสอนตามเอกัตภาพ เป็นชุดการเรียนการสอนสำหรับให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นรายบุคคลคือ ผู้เรียนจะต้องศึกษาหาความรู้ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง อาจเรียนที่โรงเรียนหรือที่บ้านก็ได้ ส่วนมากมักจะมุ่งให้ผู้เรียนได้ทำ

ความเข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนเพิ่มเติม อาจจะจัดในลักษณะของหน่วยการสอนส่วนย่อยหรือโมดูลก็ได้และสามารถประเมินผลความก้าวหน้าของตนเองได้ มุ่งให้ผู้เรียนแต่ละบุคคลมีการพัฒนาไปได้จนถึงขีดความสามารถ โดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยผู้อื่น ครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาเมื่อผู้เรียนเกิดปัญหา

ชัยงค์ พรหมวงศ์ (2525:118-119) ได้จำแนกประเภทชุดการเรียนการสอน เป็น 4 ประเภทคือ

1) ชุดการเรียนการสอนประกอบการบรรยาย ชุดการสอนประเภทนี้มุ่งหมายขยายเนื้อหาสาระการสอนแบบบรรยายให้ชัดเจนขึ้น โดยผู้สอนกำหนดกิจกรรมและสื่อการสอนประกอบการบรรยาย บางครั้งเรียกว่า “ชุดการเรียนการสอนสำหรับครู” ชุดการเรียนการสอนนี้มีเนื้อหาเพียงหน่วยเดียวและใช้ร่วมกับผู้เรียนทั้งชั้น โดยแบ่งหัวข้อที่จะบรรยายและกิจกรรมไว้ตามลำดับขั้น ทั้งนี้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ครู และเพื่อเปลี่ยนบทบาทการพูดของครูให้น้อยลงเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนมากยิ่งขึ้น ชุดการเรียนการสอนแบบนี้นิยมใช้กับการฝึกอบรมและการสอนในระดับอุดมศึกษา สื่อการสอนมักบรรจุในกล่อง แต่ถ้าเป็นวัสดุที่มีราคาแพง ขนาดเล็ก หรือใหญ่เกินไปตลอดจนเสียหายง่ายหรือเป็นสิ่งมีชีวิตก็จะไม่บรรจุกล่อง แต่จะกำหนดไว้ในคู่มือครูเพื่อจัดเตรียมก่อนสอน

2) ชุดการเรียนการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม เป็นชุดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นที่ตัวผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน ครูจะเปลี่ยนบทบาทจากผู้บรรยายมาเป็นผู้แนะนำช่วยเหลือผู้เรียนเมื่อมีปัญหาในการเรียน ชุดการเรียนการสอนแบบกิจกรรมกลุ่มอาจจัดในห้องเรียนแบบศูนย์การเรียน ผู้เรียนจะเรียนเป็นกลุ่มเล็กๆ ชุดการเรียนการสอนแต่ละชุดประกอบด้วยชุดการสอนย่อยที่มีจำนวนเท่ากับจำนวนศูนย์ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วย ในแต่ละศูนย์จะมีชื่อหรือบทเรียนครบตามชุดตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้นๆ ซึ่งจัดไว้ในรูปสื่อประสม อาจใช้เป็นสื่อรายบุคคลหรือทั้งกลุ่มใช้ร่วมกันก็ได้ โดยผู้เรียนจะช่วยกันศึกษาเนื้อหา ทำกิจกรรมต่าง ๆ จากสื่อที่เตรียมไว้ในชุดการเรียน และเมื่อจบการเรียนในแต่ละศูนย์แล้วผู้เรียนสนใจที่จะเรียนเสริมก็สามารถศึกษาได้จากศูนย์สำรองที่จัดเตรียมไว้โดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยผู้อื่น

3) ชุดการเรียนการสอนรายบุคคล เป็นชุดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนจะเรียนรู้ด้วยตนเองโดยจะรับชุดการเรียนการสอนไปเรียนด้วยตนเองตามคำแนะนำที่ระบุไว้ อาจมีการปรึกษา

ระหว่างเรียนได้และเมื่อสงสัยไม่เข้าใจบทเรียนสามารถถามครูได้ โดยใช้เวลาตามความสามารถของตนเอง การเรียนจากชุดการเรียนการสอนรายบุคคลนี้นิยมใช้กับห้องเรียนที่มีลักษณะพิเศษแบ่งเป็นสัดส่วนสำหรับผู้เรียนแต่ละคน โดยมีผู้ปกครองหรือบุคลากรอื่นให้ความช่วยเหลือ ชุดการเรียนการสอนรายบุคคลนี้เน้นหน่วยการสอนย่อย จึงนิยมเรียกว่า “ บทเรียน โมดูล ”

4) ชุดการเรียนการสอนทางไกล ชุดการเรียนการสอนแบบนี้เป็นชุดการสอนที่ผู้เรียนจะเรียนด้วยตนเองสำหรับผู้เรียนที่อยู่ต่างถิ่นต่างเวลา ผู้เรียนไม่ต้องเข้าชั้นเรียนดังนั้นผู้เรียนจะเก็บรวบรวมชุดการเรียนการสอนไว้กับตนเอง ตัวอย่างชุดการสอนทางไกล เช่น ชุดการสอนทางไกลของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช หรือชุดการสอนทางไกลของกรมการศึกษานอกโรงเรียน

จากการศึกษาประเภทของชุดการสอนดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่ามีชุดการสอนที่ใช้กับผู้เรียนที่เรียนในห้องเรียนปกติ อยู่ 2 ประเภท คือ ชุดการสอนประกอบการบรรยาย และชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่ม ซึ่งชุดการสอนทั้งสองรูปแบบมีลักษณะที่เหมือนกันคือเปลี่ยนบทบาทการพูดของครูให้น้อยลง แต่มีความแตกต่างกันที่ชุดการสอนแบบประกอบการบรรยายใช้ร่วมกับผู้เรียนทั้งชั้น ส่วนชุดการสอนแบบกิจกรรมกลุ่มใช้กับห้องเรียนที่แบ่งออกเป็นแบบศูนย์การเรียน ดังนั้นการสร้างชุดการสอนจึงขึ้นกับลักษณะการนำไปใช้ สำหรับการพัฒนาชุดการสอนในการศึกษานี้ผู้วิจัยพิจารณาเลือกเป็นชุดการสอนแบบประกอบการบรรยาย เนื่องจากเน้นความเข้าใจเนื้อหาในเวลาที่ยากัด และชุดการสอนนี้ผู้เรียนมีโอกาสทำงานร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับที่ จิรพัทธ์ จุลวานิช (2541 : 3) ได้กล่าวไว้ว่าชุดการสอนแบบนี้เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา ซึ่งการวิจัยนี้กลุ่มผู้เรียนเป็นนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา

1.3 องค์ประกอบของชุดการสอน

ชุดการสอนประกอบด้วยสื่อประสม มีองค์ประกอบดังนี้

บุญเกื้อ คอรวาเวช (2542: 95 - 102) ได้จำแนกองค์ประกอบที่สำคัญๆ ภายใน ชุดการสอนที่เป็นชุดกิจกรรมไว้ 4 ส่วน คือ

1. คู่มือครู เป็นคู่มือและแผนการสอนสำหรับผู้สอนหรือผู้เรียนตามประเภทของชุดการเรียนการสอน ภายในคู่มือจะชี้แจงถึงวิธีการใช้ชุดการเรียนการสอนเอาไว้อย่างละเอียด ทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับ

2. บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำ จะเป็นส่วนที่บอกให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนหรือประกอบกิจกรรมแต่ละอย่าง ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ บัตรจะมีอยู่ในชุดกิจกรรมแบบกลุ่มและรายละเอียด ซึ่งจะประกอบด้วย

2.1 คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา

2.2 คำสั่งให้ผู้เรียนดำเนินการ

2.3 การสรุปบทเรียน

3. เนื้อหาสาระและสื่อ จะบรรจุไว้ในรูปของสื่อการสอนต่างๆ อาจประกอบด้วย บทเรียนโปรแกรม สไลด์ เทปบันทึกเสียง ตัวอย่างจริง รูปภาพ เป็นต้น ผู้เรียนจะศึกษาจากสื่อการสอนต่างๆ ที่บรรจุอยู่ในชุดการสอนตามบัตรที่กำหนดให้

4. แบบประเมินผล ผู้เรียนจะทำการประเมินผลที่อยู่ในชุดกิจกรรมอาจจะเป็นแบบฝึกหัด ให้เติมคำในช่องว่าง เลือกคำตอบที่ถูก จับคู่ คูณผลจากการทดลอง หรือให้ทำกิจกรรม เป็นต้น

ชัยขงศ์ พรหมวงษ์ (2525: 120) ได้จำแนกส่วนประกอบของชุดการสอนไว้ 4 ส่วน คือ

1. คู่มือสำหรับครูผู้ใช้ชุดการสอน และ / หรือผู้เรียนที่ต้องเรียนจากชุดการสอน

2. คำสั่งหรือการมอบหมาย เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินงานให้แก่ผู้เรียน

3. เนื้อหาสาระและสื่อ อยู่ในรูปของสื่อการสอนแบบประสม และกิจกรรมการเรียนการสอนแบบกลุ่มและแบบรายบุคคล ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. การประเมินผล เป็นการประเมินผลของกระบวนการ ได้แก่ แบบฝึกหัด รายงานการค้นคว้าและผลการเรียนรู้ในรูปแบบทดสอบต่างๆ

คาร์ดาเรลลี (Cardarelli. 1973: 150; อ้างอิงจากเขาวภา ผูกสมัตร์.2554:14) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของชุดการสอนไว้ดังนี้

1. หัวข้อ (Topic)

2. หัวข้อย่อย (Sub Topic)

3. จุดมุ่งหมาย หรือเหตุผล (Rationale)

4. จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม (Behavioral Objective)

5. การทดสอบก่อนเรียน (Pre-Test)

6. กิจกรรมและการประเมินตนเอง (Activities and Self-Evaluation)

7. การทดสอบย่อย (Quiz หรือ Formative Test)

8. การทดสอบขั้นสุดท้าย (Post-Test หรือ Summative Evaluation)

สรุปจากที่กล่าวมาได้ว่าชุดการสอนที่ดีควรประกอบด้วย 4 ส่วน ดังนี้

1. แผนการสอน เป็นคู่มือครู มีชื่อเรื่อง ลักษณะรายวิชา การแบ่งหน่วยเรียน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กำหนดการสอน ความรู้พื้นฐานในการศึกษา และแนวการจัดการเรียนการสอน แบบฝึกหัดและ เฉลยแบบฝึกหัด สอดคล้องกับหลักสูตรและจุดมุ่งหมายของบทเรียน

2. ใบเนื้อหา เป็นเอกสารประกอบการสอนที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของบทเรียน และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

3. สื่อ เป็นชุดสื่อประสมที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเนื้อหาบทเรียน และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

4. แบบประเมินผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนการสอน

การพัฒนาชุดการสอนในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือวิจัยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังกล่าวในข้างต้น เพียงจัดหมวดหมู่ต่างไป คือประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

1. แผนการสอน ประกอบด้วย ลักษณะรายวิชา การแบ่งหน่วยเรียน การแบ่งบทเรียน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตารางวิเคราะห์หลักสูตรด้านพุทธิพิสัยและแนวการจัดการเรียนการสอน

2. เอกสารประกอบการสอน ประกอบด้วย ใบเนื้อหา แบบฝึกหัดและเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเฉลย

3. สื่อการสอน ประกอบด้วยสื่อชุดทดลอง และ สื่อ Power Point

1.4 คุณค่าและประโยชน์ของชุดการสอน

ชุดการสอนเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ซึ่งนักการศึกษาได้กล่าวถึงคุณค่าและประโยชน์ของชุดการสอน ดังนี้

จรินทร์ จุลวานิช (2541: 10-11) กล่าวถึงประโยชน์และคุณค่าของชุดการสอนที่สร้างขึ้นว่า

1) ช่วยลดภาระของผู้สอน เพราะชุดการสอนแต่ละชุดผลิตขึ้นมาเป็นหมวดหมู่ มีอุปกรณ์กิจกรรม ตลอดจนมีข้อเสนอแนะชี้แจงเกี่ยวกับใช้ไว้อย่างละเอียดชัดเจนสามารถนำไปใช้ได้ทันที

ไม่ต้องเสียเวลาทำสื่อใหม่ ทำให้มีเวลาในการเตรียมการสอน ทดลองและศึกษาเพิ่มเติมในเนื้อหาวิชาตามชุดการสอนกำหนด ผู้สอนจึงมีประสบการณ์กว้างขึ้น ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสอน

2) ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในแนวทางเดียวกัน ผู้สอนที่แตกต่างกันก็สามารถให้ประสบการณ์ได้เหมือนกันเพราะชุดการสอนเป็นสื่อประสมที่ผลิตขึ้นมาอย่างมีระบบ และเป็นไปตามวัตถุประสงค์เฉพาะของหน่วยเนื้อหานั้นๆ มีข้อเสนอแนะกิจกรรมการใช้สื่อและข้อสอบประเมินพฤติกรรมไว้อย่างพร้อมมูล

3) ช่วยให้เกิดประสิทธิภาพอย่างเชื่อถือได้ เพราะชุดการสอนผลิตขึ้นด้วยวิธีการเข้าสู่ระบบโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหลายด้าน เช่น ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการวัดและประเมินผล นักเทคโนโลยีการศึกษา โดยมีการทดลองใช้และปรับปรุงจนได้ชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพ

4) สร้างความพร้อมและความมั่นใจแก่ผู้สอน เพราะชุดการสอนผลิตอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ

5) ช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ที่สลับซับซ้อน และมีลักษณะที่เป็นนามธรรมสูง ซึ่งผู้สอนไม่สามารถถ่ายทอดเนื้อหานั้นๆ ด้วยการบรรยาย

6) ช่วยเร้าและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เนื่องจากชุดการสอนเป็นชุดสื่อประสมที่มีกิจกรรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนด้วยตนเองอย่างเต็มที่

บุญเกื้อ ควรรหาเวช (2542: 110-111) ได้กล่าวถึงประโยชน์ชุดการสอนไว้ ดังนี้

1. ส่งเสริมการเรียนแบบรายบุคคล ผู้เรียนเรียนได้ตามความสามารถ ความสนใจ ตามเวลา และโอกาสที่เหมาะสมของแต่ละคน

2. ช่วยจัดปัญหาการขาดแคลนครู เพราะชุดการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง หรือต้องการความช่วยเหลือจากผู้สอนเล็กน้อย

3. ช่วยในการศึกษานอกระบบโรงเรียน เพราะผู้เรียนสามารถนำเอาชุดการเรียนการสอนไปใช้ได้ทุกสถานที่และทุกเวลา

4. ช่วยลดภาระและช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้แก่ครูเพราะชุดการเรียนการสอนผลิตไว้เป็นหมวดหมู่ สามารถนำไปใช้ได้ทันที

5. เป็นประโยชน์ในการสอนแบบศูนย์การเรียน

6. ช่วยให้ครูวัดผลได้ตรงตามความมุ่งหมาย

7. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

8. ช่วยให้ผู้เรียนจำนวนมากได้รับความรู้แนวเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ
9. ช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักเคารพนับถือความคิดของผู้อื่น

จะเห็นจากที่กล่าวมาว่าชุดการสอนมีประโยชน์และคุณค่าต่อการจัดการเรียนการสอนทุกระดับ ในการช่วยให้การเรียนการสอนมีมาตรฐานใกล้เคียงกันอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถถ่ายทอดเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมสูงและประสบการณ์ที่ซับซ้อนและที่ไม่สามารถถ่ายทอดด้วยการบรรยายได้ดี มีมาตรฐานการวัดและประเมินผลเป็นมาตรฐานเดียวกัน เปลี่ยนบทบาทให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ และผู้สอนเป็นผู้มีบทบาทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ

2. การพัฒนาชุดการสอน

2.1 หลักการผลิตชุดการสอน

เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต (2528:292-293) กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการสร้างชุดการเรียนการสอน ดังนี้

1. ความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนแต่ละคนจะใช้เวลาเรียนรู้ในเรื่องหนึ่งๆ แตกต่างกันไป เพราะถือว่าการสอนนั้นไม่สามารถปั้นให้ผู้เรียนเป็นแม่พิมพ์เดียวกันได้ในเวลาที่เท่ากัน ตามความสามารถทางสติปัญญา ความต้องการ ความสนใจ ร่างกาย อารมณ์ และสังคม
2. การนำสื่อประสมมาใช้ เป็นการเปลี่ยนแปลงการสอนจากเดิมที่ยึดครูเป็นแหล่งความรู้หลักมาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยการใช้แหล่งความรู้จากสื่อประเภทต่างๆสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ
3. ทฤษฎีการเรียนรู้ การเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ตรวจสอบผลการเรียนของตนได้ทันที การเสริมแรง คือ เกิดความภูมิใจ ดีใจ เมื่อทำได้ถูกต้อง ถ้าตนเองทำไม่ถูกจะได้ทราบว่าที่ถูกต้องนั้นคืออะไรซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความท้อถอย หรือสิ้นหวัง การเรียนรู้ไปทีละขั้นตามความสามารถและความสนใจ เขาจึงมีโอกาสจะประสบความสำเร็จได้เหมือนคนอื่น
4. การใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบ จัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียนทุกสิ่งทุกอย่างที่จัดไว้ในชุดการเรียนจะสร้างขึ้นอย่างมีระบบ ทุกอย่างสอดคล้องกันมีการทดลองปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจึงนำไปใช้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2525 :123) ได้อธิบายขั้นตอนการผลิตชุดการสอนอย่างมีระบบ มี 10 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การกำหนดเนื้อหาและประสบการณ์
- 2) กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วย สำหรับการสอนในแต่ละครั้ง
- 3) กำหนดหัวเรื่อง แบ่งเนื้อหาของหน่วยการสอนนั้นให้ย่อยลงมาอย่างที่เราเรียกว่า หัวเรื่อง เนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหานั้นๆ ประกอบกัน 4 – 6 หัวเรื่องย่อย
- 4) กำหนดมโนทัศน์และหลักการ เป็นการกำหนดสาระสำคัญจากหัวเรื่องในหน่วยนั้นๆ
- 5) กำหนดวัตถุประสงค์ประสงค์ เป็นการเขียนจุดประสงค์ของการสอนในหน่วยนั้น เพื่อจะทราบได้ว่าผู้เรียนควรจะต้องมีพฤติกรรมอย่างไร หลังจากที่เรียนในเรื่องนั้นแล้ว
- 6) กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ในชุดการสอนในแต่ละหน่วย จะต้องให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการผลิตสื่อการสอนต่อไป
- 7) กำหนดการประเมินผล เป็นการกำหนดวิธีการที่จะวัดว่าผู้เรียนเรียนแล้วสามารถบรรลุ วัตถุประสงค์ของหน่วยเนื้อหานั้นๆ หรือไม่ โดยพิจารณาจากวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เขียนไว้
- 8) การเลือกและผลิตสื่อการสอน พิจารณาจากเนื้อหาและลักษณะผู้เรียนตามที่กำหนดไว้ สื่อชนิดใดหรือกิจกรรมการเรียนรู้แบบใดจึงจะเหมาะสมสอดคล้อง และทำให้ผู้เรียนบรรลุ วัตถุประสงค์ของการเรียนได้มากที่สุด จัดสื่อไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ เรียกว่า ชุดการสอน
- 9) การหาประสิทธิภาพชุดการสอน เมื่อสร้างชุดการสอนเสร็จเรียนรื้อยแล้ว จำเป็นที่ จะต้องนำชุดการสอนไปทดลองใช้เพื่อตรวจดูว่า ชุดการสอนนั้นสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์เพียงใดและหากพบว่า ยังมีข้อบกพร่องก็จะนำไปปรับปรุงแก้ไขจนทำให้ การเรียนรู้จากชุดการสอนนั้นบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้
- 10) การใช้ชุดการสอน ชุดการสอนที่ผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพและปรับปรุงแล้ว จึงจะสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนปกติได้

วิชัช วงษ์ใหญ่ (2525 : 189-192) ใ้ข้อธิบายขั้นตอนในการสร้างชุดการสอนไว้ 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาสาระของเนื้อหาวิชาอย่างละเอียดว่า สิ่งที่จะนำมาทำเป็นชุดการสอนนั้น จะมุ่งเน้นให้เกิดการเรียนรู้อะไรกับผู้เรียน และวิเคราะห์แบ่งหน่วยการเรียนการสอนออกเป็นเรื่องย่อยๆ และพิจารณาให้ละเอียดเพื่อไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนในหน่วยอื่นๆ ควรจะเรียงลำดับเนื้อหาตามขั้นตอนจากพื้นฐานของผู้เรียน

2. ตัดสินใจว่าจะทำการสอนแบบใดโดยกำหนดว่าผู้เรียนคือใคร จะให้อะไรแก่ผู้เรียน จะทำกิจกรรมอย่างไร สิ่งเหล่านี้เป็นเกณฑ์กำหนดการเรียน

3. กำหนดหน่วยการเรียนการสอน ประมาณเนื้อหาสาระว่าเราจะถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้ ตามกำหนดหน่วยการเรียนที่สนุก น่าเรียน ให้ความรู้ขึ้นบานแก่ผู้เรียน หาสื่อการเรียนได้ง่าย พยายามศึกษาหลักการความคิดรวบยอดอะไรหัวข้อย่อยอะไรบ้าง แต่ละหัวเรื่องย่อยพยายามดึงเอาแกนหลักการเรียนรู้ออกมาให้ได้

4. กำหนดความคิดรวบยอด ต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยการสรุปหลักการ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียน เพราะความคิดรวบยอดเป็นเรื่องของความเข้าใจ อันเกิดจากประสบการณ์สัมผัสสิ่งแวดล้อม ซึ่งสมองจะสรุปแก่นแท้ของเรื่องนั้นๆ

5. จุดประสงค์การเรียนต้องสอดคล้องกับความคิดรวบยอด โดยกำหนดเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งหมายถึงความสามารถของผู้เรียนที่แสดงออกมาหลังจากการเรียนแล้ว ถ้าผู้สอน กำหนดชัดเจนมากเท่าใด ก็ยังมีทางประสบความสำเร็จในการสอนมากขึ้นเท่านั้น จึงต้องตรวจสอบจุดประสงค์การเรียนแต่ละข้อให้ถูกต้องและครอบคลุมเนื้อหา

6. การวิเคราะห์งาน คือการนำจุดประสงค์แต่ละข้อมาทำการวิเคราะห์เนื้อหากิจกรรมการเรียนการสอน จากนั้นจึงลำดับกิจกรรมการเรียนให้เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

7. เรียงลำดับกิจกรรมการเรียนการสอน ภายหลังจากที่นำจุดประสงค์การเรียนแต่ละข้อมาวิเคราะห์งานแล้ว โดยการจัดเรียงกิจกรรมทั้งหมดให้มารวมเป็นกิจกรรมการเรียนที่สมบูรณ์ที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนในการเรียน โดยคำนึงถึงพื้นฐานของผู้เรียน วิธีดำเนินการให้เกิดขึ้นในการเรียนการสอน ตลอดจนการติดตามผล การประเมินผล การประเมินพฤติกรรมผู้เรียนที่แสดงออก เมื่อมีการเรียนการสอนแล้ว

8. สื่อการเรียน คือวัสดุอุปกรณ์และกิจกรรมที่ครูและนักเรียนต้องทำ เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ ซึ่งครูต้องจัดทำและหามาไว้ให้เรียบร้อย ถ้าสื่อนั้นมีขนาดใหญ่โตหรือมีคุณค่ามากต้องจัดเตรียมเอาไว้ก่อน แล้วเขียนไว้ในคู่มือให้ชัดเจนว่าอยู่ที่ใด เช่น เครื่องบันทึกเสียง เครื่องฉายสไลด์ บอกลักษณะที่เก็บได้ไม่ทนทาน นำเปียยได้ เช่น ใบไม้ พืช สัตว์ เป็นต้น

9. การประเมินผล คือ การตรวจสอบหลังการเรียนการสอนแล้ว ผู้เรียนได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์ที่ตั้งใจไว้หรือไม่ การประเมินผลนี้จะใช้วิธีใดก็ได้แต่ต้องตรงกับจุดประสงค์ที่ตั้งใจไว้ ถ้าการประเมินผลไม่ตรงตามจุดหมายกำหนดไว้ ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมากก็จะทำให้เสียเวลาและไม่มีคุณค่าตามที่ต้องการ

10. การทดลองใช้ชุดการสอน เพื่อหาประสิทธิภาพ เพื่อพิจารณารูปแบบของชุดการสอน จะสร้างออกตามลักษณะอย่างไร รูปแบบจะเป็นของ แพ้ม กล่องแล้วแต่ความสะดวกในการใช้ การเก็บรักษา ความสวยงาม ส่วนการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนก็เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสม โดยการนำไปทดลองกับกลุ่มผู้เรียนขนาดเล็กๆ ก่อน เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องและแก้ไขปรับปรุงเสียก่อนจึงนำไปทดลองกับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ ต่อไป

จากหลักการสร้างชุดการสอน สรุปได้ว่าประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นใหญ่ๆ ดังนี้

1. ขั้นเตรียม เป็นการจัดวางแผนการเรียนการสอน ประกอบด้วยการวิเคราะห์หลักสูตร กำหนดรายวิชา หน่วยการสอน และเนื้อหาเรื่องที่จะสร้างชุดการสอน
2. ขั้นวางแผนทางวิชาการ เพื่อ
 - 2.1 การกำหนดขอบเขตเนื้อหาเพื่อกำหนดเรื่องให้เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน
 - 2.2 การวางจุดมุ่งหมาย เพื่อเป็นแนวทางการเขียนบทเรียน แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ
 - จุดมุ่งหมายทั่วไป เป็นจุดมุ่งหมายกว้างๆ ของวิชานั้น
 - จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เพื่อให้ดำเนินเรื่องได้ตามจุดมุ่งหมายซึ่งทุกคนสามารถเข้าใจตรงกันและผู้วัดสามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัด
 - 2.3 กำหนดกิจกรรม และระยะเวลาของแต่ละกิจกรรม กำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกและการผลิตสื่อการสอน
 - 2.4 กำหนดแบบประเมินผล ให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3. ขั้นตอนการผลิต ชุดการสอน ต้องวิเคราะห์เนื้อหา เรียงลำดับจากง่ายไปยาก ในการเขียนบทเรียนนั้น ประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ แต่ละหน่วยมีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีเอกสารประกอบการเรียนรู้ มีสื่อการสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ การผลิตต้องเลือกให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถและระดับผู้เรียน

4. ขั้นพัฒนาชุดการสอน ประเมินคุณภาพของชุดการสอน โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเล็กๆ แล้วปรับปรุงให้มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ แล้วนำไปทดลองกับกลุ่มใหญ่ จนได้คุณภาพ ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.2 การเขียนวัตถุประสงค์การสอน

การจำแนกวัตถุประสงค์การเรียนการสอน แบ่งเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นความสามารถทางสมอง หรือความรู้ในเนื้อหาวิชาหลักการหรือทฤษฎีพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านนี้สามารถวัดได้จากการให้ผู้เรียนแจกแจงความรู้ เขียนรายการสิ่งที่รู้ยกตัวอย่าง ประยุกต์กฎต่าง ๆ ที่เรียนไป หรือวิเคราะห์สถานการณ์ เป็นต้น พฤติกรรมตามระดับการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยแบ่งไว้ 6 ชั้น ซึ่งการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นไป ต้องอาศัยระดับการเรียนรู้ที่ต่ำกว่าเสมอ

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ที่เน้นหนักในด้านความสนใจ เจตคติ ค่านิยม อารมณ์และความประทับใจซึ่งวัดได้โดยการสังเกต แต่บางเรื่องก็ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง การระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้ผู้เรียนแสดงออกนั้น ต้องอาศัยการรวบรวมพฤติกรรมที่ชี้ถึงความรู้สึก เจตคติและค่านิยมของตนเองและผู้อื่น แล้วนำมาใช้ในการกำหนดเป็นพฤติกรรมที่คาดหวัง

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) คือจุดประสงค์การเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะทางกาย เน้นหนักด้านการวางท่าทางให้ถูกต้อง และเหมาะสมกับการปฏิบัติงานแต่ละชนิด สามารถระบุพฤติกรรมที่แสดงออกได้จากการตีความทักษะหรือการปฏิบัติออกมาเป็นพฤติกรรม ซึ่งสังเกตได้จากความถูกต้องแม่นยำ ความว่องไว คล่องแคล่ว และสม่ำเสมอ

ระดับของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ระดับของวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ระดับคือ

1. วัตถุประสงค์ทั่วไป หรือวัตถุประสงค์ปลายทาง
2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือวัตถุประสงค์นำทาง หรือจุดประสงค์เฉพาะ

วัตถุประสงค์ทั่วไป

วัตถุประสงค์ทั่วไปหรือวัตถุประสงค์ทั่วไปปลายทาง คือ จุดประสงค์ที่เป็นเป้าหมายสำคัญที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในการเรียนรู้แต่ละเรื่องหรือแต่ละหน่วยการเรียนรู้

ลักษณะของวัตถุประสงค์ทั่วไป มีดังนี้

1. ตอบสนองพฤติกรรมสำคัญของจุดหมายหลักสูตร จุดประสงค์สาขาวิชา มาตรฐานวิชาชีพ สาขาวิชา/สาขางาน จุดประสงค์รายวิชาและมาตรฐานรายวิชา
2. สะท้อนคุณลักษณะที่พึงประสงค์ที่เป็นผลจากการเรียนรู้ โดยครอบคลุมทั้งด้านความรู้ความคิดความสามารถในการปฏิบัติ เจตคติและกิจนิสัยที่พึงประสงค์
3. การเขียนจุดประสงค์ทั่วไป จะใช้คำกริยากว้าง ๆ โดยเขียนเป็นข้อ ๆ แต่น้อยข้อ ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนตามคำอธิบายรายวิชา เช่น เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ ตระหนัก เห็นคุณค่า สามารถ เป็นต้น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นข้อความที่สื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนว่าพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนภายใต้เงื่อนไขการจัดการเรียนรู้คืออะไร

พนิต เข้มทอง.(2541: 25-26) กล่าวถึงลักษณะของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ดังนี้

1. สอดคล้องกับจุดประสงค์ทั่วไปโดยแยกย่อยออกมาจากจุดประสงค์ทั่วไป และแสดงถึงรายการพฤติกรรมคาดหวังที่จะทำให้การเรียนรู้บรรลุตามที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ทั่วไป
2. แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนหลังจบการเรียนรู้ในเรื่องหรือหน่วยการเรียนรู้ นั้น ๆ
3. การเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้สอนควรพิจารณาโดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้
 - 3.1 ควรเขียนให้ครอบคลุมทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย

3.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมต้องมีลักษณะชัดเจน รัดกุม ไม่คลุมเครือ เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ตรงกัน และสามารถสังเกตได้หรือวัดได้

3.3 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่สมบูรณ์จะประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ พฤติกรรมที่คาดหวัง สถานการณ์/เงื่อนไข และเกณฑ์

3.4 พฤติกรรมที่คาดหวัง โดยแต่ละข้อจะต้องระบุพฤติกรรมที่คาดหวังเพียง 1 พฤติกรรมและควรพิจารณาเลือกคำกริยาที่แสดงพฤติกรรมที่คาดหวังให้ถูกต้องตามระดับขั้นของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน สังเกตได้

3.5 การเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมจะเขียนเป็นข้อ ๆ เรียงตามลำดับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นก่อนจำนวนข้อจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา รวมทั้งเวลาที่กำหนดในการจัดการเรียนรู้แต่ละเรื่อง / หน่วยการเรียนรู้

การเขียนวัตถุประสงค์ของชุดการสอนผู้วิจัยได้เขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และจากการวิเคราะห์น้ำหนักหลักสูตรของบทเรียน “ เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ ” พบว่าอยู่ในระดับความรู้ความเข้าใจ และการนำไปใช้

2.3 การเลือกสื่อการสอน

สื่อการสอนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการเรียนการสอนเนื่องจากว่า เป็นตัวกลางช่วยนำและถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนหรือจากแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาได้ตรงกับที่ผู้สอนต้องการ

กิดานัน มลิตทอง(2543:76) ได้กล่าวถึงการเลือกสื่อการสอนว่าเป็นสิ่งสำคัญยิ่งของชุดการสอน ผู้สอนจะต้องตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการเรียนให้แน่นอนเสียก่อน เพื่อใช้วัตถุประสงค์นั้นเป็นตัวนำซึ่งนำไปสู่การเลือกสื่อการสอนที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีหลักการอื่นๆ เพื่อประกอบ ดังนี้

1. สื่อต้องสัมพันธ์เหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียนและจุดประสงค์การสอน
2. สื่อมีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย น่าสนใจ
3. สื่อเหมาะสมกับวัย ระดับชั้น ความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ของผู้เรียน
4. สื่อควรสะดวกในการใช้ มีวิธีไม่ซับซ้อนยุ่งยากจนเกินไป

5. สื่อที่มีคุณภาพเทคนิคการผลิตที่ดี มีความชัดเจนและเป็นจริง
6. สื่อช่วยให้รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล และให้ข้อมูลที่ถูกต้อง
7. สื่อมีราคาไม่แพงจนเกินไป หรือถ้าจะผลิตเองควรคุ้มกับเวลาและการลงทุน

การจะเลือกสื่อมาใช้ในการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพว่าผู้สอนจะต้องมีความรู้ ความสามารถและทักษะในเรื่องต่างๆ ต่อไปนี้

- 1) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอน
- 2) จุดมุ่งหมายในการนำสื่อมาใช้ประกอบหรือร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อนำบทเรียน ใช้ประกอบคำอธิบาย ใช้เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์แก่ผู้เรียน หรือใช้เพื่อสรุปบทเรียน
- 3) เข้าใจลักษณะเฉพาะของสื่อชนิดต่างๆ แต่ละชนิดว่า สามารถสร้างความสนใจและให้ความหมายต่อประสบการณ์การเรียนรู้แก่ผู้เรียนได้อย่างไรบ้าง เช่น หนังสือเรียน และสื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ ใช้เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานและอ้างอิง
- 4) มีความรู้เกี่ยวกับแหล่งของสื่อการเรียนการสอนทั้งภายในและภายนอกสถาบันการศึกษาสื่อบางอย่างจะคุ้มค่าในการผลิตเองหรือไม่ หรืออาจหาซื้อได้ที่ไหนบ้างหลักการใช้สื่อการสอน

ภายหลังจากที่ผู้สอนได้เลือกและตัดสินใจแล้วว่า จะใช้สื่อประเภทใดในการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากการถ่ายทอดเนื้อหาของสื่อได้ดีที่สุด ผู้สอนจำเป็นต้องมีหลักในการใช้สื่อการสอนตามลำดับดังนี้

1. เตรียมตัวผู้สอน เป็นการเตรียมตัวในการอ่าน ฟังหรือดูเนื้อหาที่อยู่ในสื่อที่จะใช้ว่ามี เนื้อหาถูกต้อง ครบถ้วน และตรงกับที่ต้องการใช้หรือไม่ ถ้าสื่อนั้นมีหาไม่ครบ ผู้สอนจะเพิ่มเติมโดยวิธีการใดในจุดไหนบ้าง จะมีวิธีการใช้สื่ออย่างไร เช่น ใช้ภาพนิ่งเพื่อเป็นการนำบทเรียนที่จะสอน
2. เตรียมจัดสภาพแวดล้อม โดยการจัดเตรียมวัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ให้พร้อม ตลอดจนจัดเตรียมสถานที่ห้องเรียนให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม
3. เตรียมพร้อมผู้เรียน เป็นการเตรียมตัวผู้เรียนโดยมีการแนะนำหรือให้ความคิดรวบยอดว่าเนื้อหาในสื่อเป็นอย่างไร เพื่อให้ผู้เรียนเตรียมพร้อมในการฟัง ดูหรืออ่านบทเรียน

4. การใช้สื่อ ผู้สอนต้องใช้สื่อให้เหมาะสมกับขั้นตอนที่เตรียมไว้แล้วเพื่อให้ดำเนินการสอนไปได้อย่างราบรื่น และต้องควบคุมการเสนอสื่อให้ถูกต้อง

5. การติดตามผล หลังจากที่มีการเสนอสื่อแล้ว ควรมีการติดตามผล โดยการให้ผู้เรียนตอบคำถาม อภิปราย หรือเขียนรายงานมาส่ง

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนจะบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้นั้นผู้สอนจะต้องมีความสามารถในการเลือกสื่อที่เหมาะสมกับเนื้อหา กับระดับผู้เรียนและมีความสามารถในการผลิตสื่อ และผู้สอนยังต้องมีการเตรียมตัว เตรียมสภาพแวดล้อม เตรียมผู้เรียน และติดตามผล การใช้สื่อด้วยจึงจะทำให้การสอนดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการสร้างชุดการสอนเพื่อการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกสื่อการสอน 3 ชนิดมาใช้ประสมกันคือ

1. สื่อชุดทดลอง เป็นสื่อที่ใช้กับกลุ่มทดลอง
2. สื่อ Power Point เป็นสื่อที่ใช้กับกลุ่มทดลอง
3. สื่อเอกสารประกอบการสอน เป็นสื่อที่ใช้ร่วมกันของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

สื่อชุดทดลอง การลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลองค้นหาความรู้ ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงเพื่อพิสูจน์หรือค้นหาความรู้ด้วย ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำเสนอโดยมีหลักการดังนี้ ใช้ง่าย สะดวก วัสดุรวดเร็ว บำรุงรักษาง่าย และมีความเที่ยงตรง ความแม่นยำ และผู้วิจัยได้ทำเอกสารคู่มือการใช้ชุดทดลองไว้ให้ผู้สอนได้ศึกษาก่อนการทดลองด้วย

สื่อ Power Point เป็นสื่อการสอนที่สร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการนำเสนอ ผู้วิจัยนำเสนอโดยมีหลักการดังนี้

- 1) คำอธิบายสั้นๆ แต่ได้ใจความ
- 2) ขนาดตัวอักษรทั่วไปอยู่ระหว่าง 28 -32 พอยต์ เพราะการใช้ตัวอักษรที่เล็กเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการอ่านลดลง และตัวอักษรที่ใหญ่เกินไปจะทำให้ผู้เรียนอ่านช้าลง
- 3) หัวข้อเรื่องมีขนาดมากกว่า 32 พอยต์
- 4) รูปแบบตัวอักษรเป็นแบบไม่มีเชิง ซึ่งเป็นรูปแบบที่เรียบง่าย และเป็นทางการ
- 5) จัดรูปแบบคำอธิบายให้นำอ่าน เนื้อหาที่ยาวจัดกลุ่มคำอธิบายให้จบเป็นตอนๆ

- 6) ความหนาแน่นของข้อความปานกลาง แต่จะมีความหนาแน่นมากเมื่อเนื้อหาต้องต่อเนื่อง โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นตัวอย่างการคำนวณ
- 7) ไม่เปลี่ยนสีไปมา โดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร ในหนึ่งเฟรมมีสีตัวอักษรหลักไม่เกิน 3 สี
- 8) ไม่ใช่สีพื้นสลับไปมาในแต่ละเฟรมของเนื้อหา
- 9) เนื้อหาที่ยากและซับซ้อน เน้นส่วนของข้อความที่สำคัญ ด้วย การใช้สี หรือการชี้แนะด้วยคำพูด
- 10) ใช้ภาพประกอบนำเสนอเนื้อหามากที่สุด เนื่องจากภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้
- 11) การควบคุมหน้าจอ ออกแบบให้สามารถเลือกเรียนได้ตามความต้องการของผู้เรียน
- 12) สีของตัวอักษรกับสีพื้นหลังมีความเข้มต่างกัน ทั้งนี้สีที่มีความเข้มเท่าหรือใกล้เคียงกับสีพื้นหลังอาจทำให้มองเห็นข้อความได้ไม่ชัดเจน
- 13) สีของพื้นหลังเป็นสีเข้มเพราะสีที่เข้มจะลดความสว่างของจอภาพทำให้ผู้เรียนสบายตาและอ่านได้นานขึ้น

สื่อเอกสารประกอบการสอน เช่น สุขเกษม (2541 :29) ได้อ้างถึงประโยชน์ของเอกสารประกอบการสอนว่าช่วยให้ครูผู้สอนสามารถใช้เป็นคู่มือการสอนได้อย่างดี และในกรณีที่มีได้มีการเรียนการสอนตามปกตินั้น ใบเนื้อหาของเอกสารประกอบการสอนยังใช้เป็นแหล่งการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนได้ และในกรณีที่มีการเรียนการสอนตามปกติผู้เรียนสามารถใช้ใบเนื้อหาบททวนเนื้อหาอันจะช่วยลดช่องว่างระหว่างความสามารถและความแตกต่างระหว่างบุคคล ดังนั้นเอกสารประกอบการสอนจึงเป็นสื่อการสอนรูปแบบหนึ่งที่จะช่วยเสริมสร้างให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและเกิดการเรียนรู้แบบต่อเนื่อง

3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุกาญญา อ้นบางใบ (2554 :36) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าหมายถึง ผลการสะสมความรู้ ความสามารถของบุคคลที่เกิดจากการเรียนการสอน หรือจากประสบการณ์ที่ได้รับ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ ได้แก่ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

3.1 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทัศนา แฉมมณี (2548 : 51-52) กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์นไคค์(Throndike) ว่า การเรียนรู้ของมนุษย์เกิดขึ้นด้วยการสร้างความเชื่อมโยง ระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่เหมาะสมและการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพอยู่บนพื้นฐานของกฎ 3 ประการ คือ

1) กฎแห่งความพร้อม มีหลักการซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ

1.1) ถ้าบุคคลพร้อมแล้วได้กระทำ จะเกิดความพอใจ

1.2) ถ้าบุคคลพร้อมแล้วไม่ได้กระทำ จะเกิดความรำคาญใจ

1.3) ถ้าบุคคลไม่พร้อมแต่ถูกบังคับให้กระทำ จะเกิดความรำคาญใจ

2) กฎแห่งการฝึกหัด มีหลักการว่าถ้าบุคคลได้ฝึกฝนหรือทบทวนบ่อยๆ จะทำได้ดีและทำให้เกิดความชำนาญ

3) กฎแห่งผล มีหลักการว่าถ้าบุคคลได้กระทำสิ่งใดแล้วได้ผลเป็นที่พอใจก็อยากกระทำสิ่งนั้นอีก แต่ถ้ากระทำแล้วไม่ได้ผลดีก็จะไม่อยากจะกระทำอีก

รววัฒน์ บุญดี (2545 : 24 - 25) ได้สรุปขั้นตอนการเรียนรู้ จากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้น ของกาเย่ (Gagne) ไว้ดังนี้

1. ได้รับความสนใจ (Gain Attention) ให้พร้อมที่จะเรียน

2. บอกวัตถุประสงค์ของการเรียน (Specify Objective) เป็นประเด็นสำคัญของเนื้อหา เพื่อเป็นเค้าโครงของเนื้อหา ควรใช้คำสั้นๆ และเข้าใจง่าย ไม่ควรมีหลายข้อมากเกินไป

3. ทบทวนความรู้เดิม(Activate Prior Knowledge) เป็นการเตรียมความพร้อมที่จะรับความรู้ใหม่

4. เสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) การใช้สื่อในส่วนนี้ควรคำนึงถึงว่าภาพที่ใช้ประกอบเนื้อหาอาจใช้กราฟิก และภาพซับซ้อนควรใช้ตัวชี้แนะ เช่น การขีดเส้นใต้ การตีกรอบ แต่ไม่ควรใช้กราฟิกที่มากเกินไป

5. ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning) ผู้เรียนจะจำได้ดีหากมีการจัดระบบการสอนเนื้อหาที่ดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียน

6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit Response) การทำกิจกรรมย่อมทำให้ผู้เรียนจำได้ดี ควรให้ผู้เรียนตอบสนองวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นครั้งคราว ไม่ควรให้ตอบยาวและไม่ควรมีคำถามหลายคำถามในเนื้อหาเดียวกัน

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) ช่วยกระตุ้นความสนใจได้มากขึ้น ควรให้ทันทีหลังจากผู้เรียนตอบสนอง เฉลยคำตอบที่ถูกหลังจากผู้เรียนทำผิด 1 – 2 ครั้ง

8. ทดสอบความรู้ใหม่ (Assess Performance) อาจเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียนหรือทดสอบในช่วงท้ายของบทเรียน

9. สรุปและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer) ให้ผู้เรียนทราบว่าความรู้ใหม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมอย่างไรและบอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลต่อเนื่อง

สุกาญญา อੰบบางโอบ (2554: 46) กล่าวถึงคุณแจสำคัญของการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จได้ง่ายคือกระบวนการสอนต้องอาศัยการจูงใจความต้องการทางกาย อารมณ์ และสังคม ควรเสริมแรงหรือกระตุ้น โดยปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับความสนใจ ความสามารถ ความพึงพอใจ การจูงใจให้ผู้เรียนมีความตั้งใจและความสนใจในการเรียนย่อมขึ้นกับบุคลิกภาพของผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งผู้สอนจะต้องทำความเข้าใจลักษณะความต้องการของผู้เรียนแต่ละระดับแต่ละสังคม และแต่ละครอบครัว เพื่อเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสม

จากที่กล่าวมาจึงเห็นได้ว่าองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีทั้งปัจจัยภายนอกผู้เรียน ได้แก่ สื่อการสอน สิ่งแวดล้อมขณะทำการสอน ยังมีปัจจัยภายในตัวผู้เรียน ได้แก่ ความพึงพอใจ ความพร้อมในส่วนที่เกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน ความพร้อมทางกายและทางอารมณ์ เป็นต้น ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงเป็นเรื่องละเอียดอ่อนที่ผู้สอนต้องวางแผนมาล่วงหน้าจึงจะทำให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพ

3.2 รูปแบบการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของผู้เรียนตามจุดมุ่งหมายและลักษณะของวิชาที่เรียน มีหลายรูปแบบ ดังนี้

สุกาญจนา อ้นบางใบ (2554: 43) กล่าวถึงการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีการวัดดังนี้

1. **การวัดด้านการปฏิบัติ** เป็นการตรวจสอบความรู้และความสามารถทางการปฏิบัติ โดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงให้เห็นเป็นผลงานปรากฏออกมา ให้ทำการสังเกตและวัดได้ การวัดแบบนี้ต้องใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติซึ่งการประเมินผลจะพิจารณาจากวิธีปฏิบัติ และผลงานที่ปฏิบัติ

2. **การวัดด้านเนื้อหา** เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถด้านเนื้อหาวิชารวมถึงพฤติกรรมความสามารถด้านต่างๆ อันเป็นผลจากการเรียนการสอน มีวิธีการสอบวัดได้ 2 ลักษณะคือ

2.1) การสอบปากเปล่า (Oral test) การสอบแบบนี้มักกระทำเป็นรายบุคคล เป็นการสอบที่ต้องการดูแลเฉพาะอย่าง เช่น การสอบอ่านฟังเสียง การสอบสัมภาษณ์ การใช้ถ้อยคำในการตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็นในเรื่องที่ทำ ตลอดจนแง่มุมต่างๆ การสอบปากเปล่าสามารถสอบวัดได้ละเอียดลึกซึ้งและคำถามสามารถเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมตามที่ต้องการได้

2.2) การสอบแบบให้เขียนตอบ (Paper pencil test or written test) เป็นการสอบวัดที่ให้ผู้สอบเขียนเป็นตัวหนังสือตอบ ซึ่งมี 2 แบบ คือ

2.2.1) แบบไม่จำกัดคำตอบ (Free response type) ได้แก่ข้อสอบอัตนัยหรือข้อสอบความเรียง

2.2.2) แบบจำกัดคำตอบ (Fixed response type) เป็นการสอบที่กำหนดขอบเขตของคำถามหรือกำหนดคำตอบมาให้เลือก มี 4 รูปแบบ คือ แบบเลือกทางใดทางหนึ่ง แบบจับคู่ แบบเติมคำ และแบบเลือกตอบ

ผู้สอนต้องเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับเนื้อหาของหน่วยเรียนและระดับของผู้เรียน ทั้งนี้ให้ดูจากวัตถุประสงค์การเรียนรู้ว่าต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านใด ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ระดับของการวัดผลนี้จะเป็นเครื่องมือให้ผู้สอนพัฒนาสื่อการสอนเพื่อให้ผู้เรียนไปสู่เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกรูปแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบปรนัยเลือกตอบ เนื่องจากมีความชัดเจนในตัวคำถาม การตรวจให้คะแนนตรงกัน และแปลความหมายคะแนนได้

ตรงกัน ซึ่งสอดคล้องกับที่ จรินทร์ จุลานิช (2541:22) ได้กล่าวถึงการใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบว่า เหมาะสมที่จะใช้วัดความสามารถด้านพุทธิพิสัย ระดับพื้นฐานความรู้ และระดับประยุกต์ความรู้ และสามารถวัดผลผู้เรียนที่มีจำนวนมากได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จรินทร์ จุลานิช (2541:21-22) ได้สรุปหลักในการสร้างแบบทดสอบปรนัยแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ คำถาม และตัวเลือก ไว้ดังนี้

1. การสร้างคำถาม

- 1.1 เขียนคำถามให้สมบูรณ์ โดยใช้คำที่แสดงลักษณะการถามมาประกอบ เช่น เพราะเหตุใด เมื่อไร
- 1.2 หากเขียนแบบทดสอบที่เอาตัวเลือกมาต่อต้องอ่านเข้าใจง่ายได้ความหมายสมบูรณ์
- 1.3 ถามให้ตรงจุดที่จะถาม คืออ่านแล้วรู้ว่าผู้สอนมุ่งถามอะไร
- 1.4 อย่าใช้คำถามปฏิเสธ เพราะคำถามดังกล่าวตีความได้ยาก
- 1.5 หลีกเลี่ยงการใช้คำที่เน้นคำตอบ
- 1.6 สร้างคำถามให้สั้น กระชับรัด เอาดึงใจความสำคัญ

2. การสร้างตัวเลือก

- 2.1 เขียนตัวเลือกให้เป็นพวกเดียวกัน คือมีขอบข่ายในประเภทเดียวกันหรือกลุ่มเดียวกัน หรือมีลักษณะบางอย่างร่วมกัน
- 2.2 ตัวเลือกควรสั้น ชัดเจน ประหยัดคำ อ่านได้ใจความสมบูรณ์
- 2.3 ตัวเลือกทุกตัวต้องเป็นอิสระจากกัน ถูกหรือผิดแยกกันเด็ดขาด โดยไม่คลุมเครือ และจะต้องไม่แตกต่างกันจนเด่นชัดมากเกินไป
- 2.4 ตัวเลือกทุกตัวต้องให้ใช้ประโยชน์ได้ คือมีคุณค่าในการจูงใจให้ผู้ตอบได้เลือกตอบ
- 2.5 ตัวเลือกทุกตัวควรยาวเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เพราะตัวเลือกที่ยาวหรือสั้นที่สุดกลับเป็นคำตอบไปด้วย กลายเป็นการเน้นคำตอบ
- 2.6 ตัวเลือกจะต้องถูกหรือผิดตามหลักวิชาการ ไม่ใช่ถูกหรือผิดตามสมัยนิยม หรือเป็นความถูกต้องตามความคิดเห็นของกลุ่มบุคคล
- 2.7 อย่าให้คำถามหรือตัวเลือกข้อต้นๆ ไปมีอิทธิพลต่อคำตอบข้อต่อไป เพราะจะทำให้ข้อสอบขาดคุณค่า และไม่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้

2.8 ให้ที่อยู่ของตัวเล็อกอยู่ในลักษณะกระจายคำตอบ จากข้อ ก. ถึงข้อ ง. หรือ จ. อย่าให้คำตอบข้อที่ถูกอยู่ซ้ำๆ กัน เพราะผู้สอบจะเดาคำตอบได้

ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลเป็นข้อสอบแบบตัวเล็อกนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหลักการสร้างข้อสอบดังกล่าวมา เพราะข้อสอบมีความสำคัญมากในการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอน เนื่องจากข้อสอบจะทำให้ทราบสถานภาพของผู้เรียนว่ามีจุดเด่น จุดด้อย หรือยังขาดพื้นฐานในเรื่องใดบ้าง และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยเท่านั้นเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักศึกษา 2 กลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนที่แตกต่างกัน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อนุวัฒน์ เดชไธสง, สายัณห์ โสระโร, ธนุชัย ภู่อคม, รวีวรรณ งามสันติกุล (2553, เดชไธสง <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/ssj/article/view/1263/0>) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการนำชุดกิจกรรมมาใช้ในการเรียนการสอน เรื่องเวกเตอร์ โดยใช้โปรแกรม C.a.R. ใช้เวลาสอนทั้งหมด 12 ชั่วโมง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน โรงเรียนนิคมมิตรวิทยาการ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2552 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่องเวกเตอร์ โดยใช้โปรแกรม C.a.R. สามารถผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โปรแกรม C.a.R. มีความพึงพอใจในการเรียนเรื่องเวกเตอร์อยู่ในระดับมาก

จรินทร์ จุลวานิช(2541: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชุดการสอนประกอบด้วยคู่มือการสอน สื่อการสอน ในคู่มือการสอนประกอบด้วย แผนการสอน แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ส่วนสื่อการเรียนการสอน ประกอบด้วย ใบเนื้อหา ชุดแผ่นภาพโป่งใส และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะวิชาไฟฟ้า ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ผลการวิจัยพบว่าสื่อการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ตามการทดสอบด้วยสถิติ t – test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

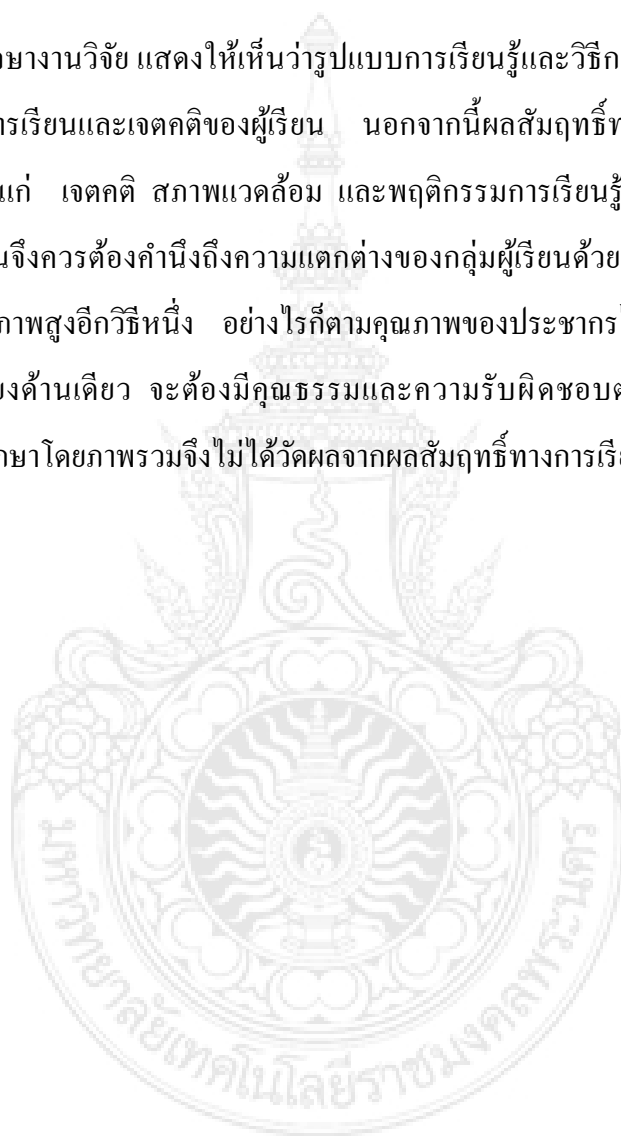
เยาวภา ผูกสมัคร (2554:บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาผลการใช้ชุดการสอนโดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ พบว่าชุดการสอนโปรแกรม GSP มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พรรณี ลีกิจวัฒน์(2552:บทความวิจัย)ได้ทำการศึกษาการพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ศึกษาตัวแปรสังเกตได้ 20 ตัว และตัวแปรแฝง 7 ตัว ที่มีผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถาม ชนิดมาตราประเมินค่า 6 ระดับ จำนวน 171 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นของข้อคำถามอยู่ระหว่าง 0.68 – 0.94 มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรแต่ละตัวในเกณฑ์ดีทุกตัวแปร และมีค่าความเชื่อถือเชิงโครงสร้างของตัวแปรแฝงอยู่ระหว่าง 0.50 – 0.87 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมลิสรถ 8.72 พบว่าความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีความเที่ยงตรง และพบว่าตัวแปรแฝงที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้มากที่สุดคือ ครอบครัว รองลงมาคือความสามารถ สถานศึกษา ลักษณะนิสัย เพื่อน และครูผู้สอน และตัวแปรครอบครัวมีอิทธิพลมากที่สุดกับโมเดล กลุ่มชายและกลุ่มที่ไม่เน้นวิทยาศาสตร์ และตัวแปรความสามารถมีอิทธิพลมากที่สุดกับกลุ่มหญิง และกลุ่มเน้นวิทยาศาสตร์

วรวัฒน์ บุญดี (2545 : 23) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียแบบ สถานการณ์จำลอง วิชาเครื่องรับวิทยุ เรื่องความถี่และการรับ-ส่งคลื่นวิทยุ โดยจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 ได้กล่าวสรุปจากการศึกษาเกี่ยวกับ สีและขนาดของตัวอักษรว่า สีมีผลต่อความเข้าใจในการอ่าน บนจอคอมพิวเตอร์ สีช่วยให้เกิดความสวยงาม ชัดเจน และความสบายตา แต่ในหนึ่งจอไม่ควรใช้สีมากเกินไป และขนาดของตัวอักษรที่ใช้ควรเหมาะสม ขนาด 80 ตัวอักษรต่อบรรทัด และสีตัวอักษรเป็นสีขาวบนพื้นสีดำในตัวอักษรขนาดเล็ก และสีขาวบนพื้นสีม่วงในตัวอักษรขนาดใหญ่ ควรมีภาพประกอบอาจเป็นภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวโดยเลือกภาพให้เหมาะกับเนื้อหาและสามารถสื่อความหมายให้ผู้เรียนรับรู้มากที่สุด

สมิท(Smit. 1994:A , อ้างอิงจาก ปรีชา ฤทธิ์เดช:29) ได้ศึกษาเจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนแตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ การสอนบรรยาย การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การบรรยายและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการปฏิบัติด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ารูปแบบการสอนอีก 2 รูปแบบ

จากการศึกษางานวิจัย แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้และวิธีการสอนของผู้สอนมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของผู้เรียน นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังมีผลมาจากตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ เจตคติ สภาพแวดล้อม และพฤติกรรมการเรียนรู้ เป็นต้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรต้องคำนึงถึงความแตกต่างของกลุ่มผู้เรียนด้วย จึงจะทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงอีกวิธีหนึ่ง อย่างไรก็ตามคุณภาพของประชากรไม่ได้ขึ้นอยู่กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงด้านเดียว จะต้องมีคุณธรรมและความรับผิดชอบต่อสังคมด้วย การวัดและประเมินผลการศึกษาโดยภาพรวมจึงไม่ได้วัดผลจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงด้านเดียว



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบชุดการสอนกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนตามปกติ

วิธีดำเนินการประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัย คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ศึกษาในรายวิชา หลักฟิสิกส์ รหัสวิชา 02-511-101 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัย คือ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคปกติ จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวนห้องเรียนละ 30 คน รวมจำนวน 60 คน โดยผู้วิจัยคำนึงถึงความแตกต่างของพื้นฐานความรู้ผู้เรียนในกรณีต่างสาขาวิชา และการเข้าเรียนในเนื้อหาที่ทำการทดลอง

กลุ่มทดลอง เรียนรู้ด้วยรูปแบบชุดการสอน

กลุ่มควบคุม เรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนปกติ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 3 ส่วน ดังนี้

1. แผนการสอน ประกอบด้วย ลักษณะรายวิชา การแบ่งหน่วยเรียน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตารางวิเคราะห์หลักสูตรด้านพุทธิพิสัย และแนวการจัดการเรียนการสอน

2. เอกสารประกอบการสอน ประกอบด้วย ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด และเฉลยแบบฝึกหัด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. สื่อการสอน ประกอบด้วยสื่อ สื่อการสอนชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” พร้อมคู่มือการใช้ชุดทดลอง และสื่อการสอน Power Point ในส่วนของเนื้อหาที่สอน การปฏิบัติการทดลอง และแบบฝึกหัดพร้อมเฉลยแบบฝึกหัด

3. วิธีการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือ

การศึกษาหลักสูตรรายวิชา เอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามการสร้างเครื่องมือ โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเตรียม เป็นการจัดวางแผนการเรียนการสอน ประกอบด้วย กำหนดรายวิชา หน่วยเรียน และเนื้อหาเรื่องที่จะสร้างชุดการสอน กำหนดระยะเวลา กลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้เลือกวิชาหลักฟิสิกส์ รหัสวิชา 02-511-101 เนื่องจากเป็นวิชาที่อยู่ในกลุ่มวิชาแกนระดับปริญญาตรี เลือกหน่วยเรียนเรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานของความรู้ที่ต้องนำไปใช้ในบทหน่วยเรียนอื่นๆ กำหนดเวลาศึกษา 2 ชั่วโมง สอดคล้อง มคอ3. ของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นสาขาวิชาเดียวที่มีนักศึกษาภาคปกติ 2 ห้องเรียน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีพื้นฐานความรู้ที่ใกล้เคียงกันหรือเท่าเทียมกัน

2) ขั้นวางแผนทางวิชาการ ประกอบด้วย

2.1) กำหนดขอบเขตเนื้อหา ศึกษาฐานความรู้ที่เป็นพื้นฐานของเนื้อหาที่จะสอนและศึกษาเนื้อหาที่จะสอนโดยศึกษาจากหลักสูตร คำอธิบายรายวิชา หนังสือ ตำราต่างๆ และข้อมูล

บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำความเข้าใจถึงขอบเขตของเนื้อหาและลักษณะเกี่ยวกับการนำความรู้ไปใช้ เพื่อให้เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน

2.2) การวางจุดมุ่งหมาย เพื่อเป็นแนวทางการเขียนบทเรียน โดยเขียนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.3) การกำหนดรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยทบทวนความรู้ที่เป็นพื้นฐานที่จะมาสัมพันธ์กับเรื่องที่จะทำการวิจัย โดยผู้วิจัยคาดว่าเป็นแนวทางในการลดปัญหาเรื่องภูมิหลังที่แตกต่างกันของผู้เรียน ถึงแม้ว่าจะเป็นนักศึกษาสาขาวิชาเดียวกัน ภาคเรียนปกติเหมือนกันก็ตามและผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับการออกแบบการผลิตสื่อการสอน แล้วเลือกวิธีการนำเสนอโดยคำนึงถึงความชัดเจนของเนื้อหา ระยะเวลาของการเรียนการสอน วัตถุประสงค์การเรียนรู้และผลการเรียนที่คาดหวัง จึงเลือกเป็นชุดการสอนประกอบการบรรยาย ชุดการสอนที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วย แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน

2.4) กำหนดแบบประเมินผล เป็นข้อสอบปรนัย แบบเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ ข้อสอบสร้างให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและตารางวิเคราะห์หลักสูตรด้านพุทธิพิสัย

3) ขั้นตอนการผลิตชุดการสอน ซึ่งประกอบด้วย แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1) ดำเนินการเขียนแผนการสอน แผนการสอนเป็นคู่มือแนะแนวการเรียนการสอน โดยยึดจาก มคอ. 3 ของรายวิชาหลักฟิสิกส์ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงความเหมาะสมด้านวิธีการสอนและภาษาที่เขียนให้มีความชัดเจนมากขึ้น ปรับปรุงจนผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

3.2) ดำเนินการเขียนเอกสารประกอบการสอน คือใบเนื้อหา แบบฝึกหัดพร้อมเฉลย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์พร้อมเฉลย ยึดเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้

- เขียนใบเนื้อหา ศึกษาจากหนังสือ ตำราต่างๆ และข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และจากผู้เชี่ยวชาญ นำใบเนื้อหาไปให้นักศึกษาที่เคยเรียนวิชาหลักฟิสิกส์อ่าน 3 คน แล้วปรับปรุงความต่อเนื่องของเนื้อหาและข้อความที่นักศึกษาอ่านแล้วเข้าใจยาก แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 แล้วปรับปรุง และนำไปทดลองให้นักศึกษาที่เคยเรียนวิชาหลักฟิสิกส์อ่าน 3 คน แล้วปรับปรุง

แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินอีกครั้ง และปรับปรุงจนผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน

- สร้างแบบฝึกหัดพร้อมเฉลยแบบฝึกหัด เขียนแบบฝึกหัดให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จำนวน 20 ข้อ เป็นแบบปรนัย เลือกตอบ แล้วนำไปสร้างเป็นสื่อ Power Point เพื่อให้ให้นักศึกษากลุ่มที่เรียนด้วยชุดการสอนทำด้วยกันหลังจบการสอน แล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 แล้วปรับปรุง และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินจนผ่านเกณฑ์การประเมิน

- สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์พร้อมเฉลย สร้างข้อสอบโดยเขียนให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและตารางวิเคราะห์น้ำหนักหลักสูตร กำหนดระยะเวลาการสอบ สร้างแบบทดสอบเป็นข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ แล้วนำไปให้อาจารย์ในกลุ่มวิชาฟิสิกส์ช่วยอ่าน และให้ข้อคิดเห็น แล้วปรับปรุงและแก้ไข ทดลองใช้ข้อสอบกับนักศึกษาภาคปกติ สาขาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ปีที่ 1 ปีการศึกษา 2555 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หาค่าความยาก-ง่าย ค่าอำนาจจำแนก ได้ข้อสอบจำนวน 12 ข้อที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ปรับปรุงข้อสอบใหม่ดูความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และมีความยาก-ง่ายและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับและที่อยู่ใกล้กับเกณฑ์ค่าที่ยอมรับ แล้วทดลองวัดผลกับนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ปีที่ 1 ห้อง 1 ปีการศึกษา 2555 นำผลมาวิเคราะห์และปรับปรุงแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาแนะนำ และปรับปรุง มีข้อสอบเหลือจำนวน 20 ข้อ นำแบบทดสอบทดลองใช้กับนักศึกษาภาคปกติ สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ปีที่ 1 ห้อง 2 ปีการศึกษา 2555 จึงได้ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3.3) ดำเนินการผลิตสื่อชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” ออกแบบโดยคำนึงถึงความสะดวก ความเที่ยงตรง ความแม่นยำ และใช้เวลาน้อยในการศึกษา ทดลองสร้างแล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา 3 คน แล้วปรับปรุง แล้วนำไปทดลองใหม่และปรับปรุงข้อบกพร่องของการใช้งาน และความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง โดยปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างเครื่องมือวัดละเอียด แล้วปรับปรุงจนได้เครื่องมือที่มีคุณภาพ นำไปทดลองหาความเที่ยงตรงและความแม่นยำของเครื่องมือ โดยผู้วิจัยและนักศึกษา 5 คนช่วยกันวัดค่าต่างๆ แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์และหาค่าความเชื่อมั่น จนได้เครื่องมือที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ

- ชุดศึกษาเวกเตอร์ 2 มิติ ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือปฏิบัติการทดลองเป็นกระดาศกราฟ ที่มีสเกลวัดมุมให้สำเร็จรูปบนแผ่นกระดาศกราฟ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแผ่นกระดาศกราฟแบบนี้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Photoshop มาช่วยในการตกแต่งภาพและเพิ่มเติมรายละเอียด และปรับปรุงแก้ไขจนได้ภาพกระดาศกราฟตามต้องการในด้านคุณสมบัติความถูกต้องของสเกลการวัดและความคมชัดของภาพ

- ชุดศึกษาเวกเตอร์ 3 มิติ สามารถวัดมุมและองค์ประกอบของเวกเตอร์ 3 มิติได้ โดยสร้างให้มีแกน 3 แกนตั้งฉากซึ่งกันและกัน แกนที่อยู่บนระนาบเป็นแกน x และ y และแกนที่ตั้งฉากกับระนาบเป็นแกน z ซึ่งจะมีเส้นเชือกแทนปริมาณเวกเตอร์ 2 เส้น พุ่งออกมาจากแกนตัดของแกนอ้างอิงฉาก 3 มิติ เส้นเชือกที่หนึ่งจะโยงไปที่เสาตั้งที่เคลื่อนที่ได้และปรับระยะสูงต่ำได้ การปรับระยะสูงต่ำบนตัวเสาเป็นการปรับค่าของมุม θ_z และการเคลื่อนที่ของตัวเสานบนระนาบ xy เป็นการปรับค่าของมุม ϕ และมุม θ_x และ θ_y ซึ่งเสาที่ปรับระดับสูงต่ำได้จะมีสเกลวัดมุม θ_z เพื่อการเช็คค่าความถูกต้องของการใช้ชุดทดลอง และเส้นเชือกเส้นที่ 2 ที่พุ่งออกจากจุดตัดแกนฉากจะพุ่งไปยังเสาที่เคลื่อนที่ได้เช่นกันแต่แนวเส้นเชือกจะอยู่บนระนาบ xy เส้นเชือกนี้จึงมีระนาบเดียวกับเส้นเชือกที่หนึ่ง เป็นเสมือนเส้นองค์ประกอบของเวกเตอร์ที่โปรเจกกลงมาบนระนาบ xy ช่วยในการเช็คค่ามุมให้ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง การวัดค่ามุม มุม θ_x , θ_y และ θ_z ทำได้โดยการใช้เครื่องมือวัดมุมที่วัดแกนฉาก 3 มิติ การวัดมุม ϕ ได้จากการอ่านค่าโดยตรงบนกระดาศกราฟ และการหาค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ 3 มิติ ทำโดยการอ่านค่าบนสเกลไม้บรรทัดและสเกลบนกระดาศกราฟซึ่งจะได้ค่าในรูปอัตราส่วนความยาวต่อขนาดของปริมาณเวกเตอร์ ทำให้การทดลองมีความสะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้เครื่องมือชุดนี้ยังสามารถถอดประกอบได้

3.4) ดำเนินการเขียนคู่มือการใช้ชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” ประกอบด้วยชื่อการทดลอง จุดประสงค์การทดลอง เนื้อหาสาระ แผนภาพการทดลอง ข้อควรระวังของการใช้เครื่องมือ ลำดับขั้นตอนการทดลอง ตารางบันทึกข้อมูล คำถามการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการสอนให้รวดเร็วและได้ผลการทดลองที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำ (อาจารย์ผู้สอนใช้เพียงแค่สาธิตในช่วงเวลาสั้นๆ โดยมีนักศึกษาช่วยเก็บข้อมูลการวัดแล้ววิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน)แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินคุณภาพด้านเทคนิค จนอยู่ในเกณฑ์การประเมินคุณภาพที่ยอมรับได้

3.5) ดำเนินการผลิตสื่อ Power Point ศึกษาเทคนิคการผลิตสื่อ Power Point แล้วนำเนื้อหาจากใบเนื้อหาเป็นหลัก ให้มีจุดเด่น ที่ต้องการเน้น ให้มีรูป ตัวอักษร ให้น่าสนใจ แล้วนำไปให้นักศึกษา 3 คน พิจารณา แล้วปรับปรุง และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ความน่าสนใจ การจัดองค์ประกอบ ตัวหนังสือ และรูปภาพประกอบ แล้วนำมาปรับปรุง และทดลองใช้กับนักศึกษาที่เรียนภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 แล้วปรับปรุงและทดลองใช้กับนักศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินจนอยู่ในเกณฑ์การประเมินคุณภาพที่ยอมรับได้ ทั้งนี้การใช้สื่อ Power Point นั้นอาจารย์ไม่จำเป็นต้องอธิบายตัวอย่างทุกข้อเพราะจะเสียเวลามาก ให้ยกตัวอย่างเฉพาะข้อที่นักศึกษาสงสัยก็ได้ แต่ผู้วิจัยทำแผ่นเฟรมไว้ให้หมด ให้ผู้สอนเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียน

4) ชั้นพัฒนาชุดการสอน ประกอบด้วย

4.1) การประเมินคุณภาพชุดทดลองปริมาณเวกเตอร์ ทำการทดลองเก็บข้อมูล แล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนจากค่าทางทฤษฎี แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น โดยการทดสอบแบบ One – Sample T Test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Statistis 8.0 แล้วนำผลที่ได้มาแปลเป็นระดับคุณภาพของเครื่องมือวัด

ผู้วิจัยตั้งค่าคุณภาพของชุดทดลอง ไว้ดังนี้

ความเชื่อมั่นมากกว่า 95 % หมายถึง มีคุณภาพระดับดีมาก

ความเชื่อมั่นมากกว่า 90% หมายถึง มีคุณภาพระดับดี

ความเชื่อมั่นมากกว่า 85% หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ระดับคุณภาพที่ตั้งไว้คือระดับดีถึงดีมาก จึงต้องมีความเชื่อมั่นมากกว่า 90 % ขึ้นไปจึงจะยอมรับได้

4.2) การประเมินคุณภาพแผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิค ดำเนินการดังนี้

4.2.1) การสร้างแบบประเมินคุณภาพ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า ซึ่งกำหนดค่าระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง มีคุณภาพดี

ระดับ 3 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ระดับ 2 หมายถึง ต้องปรับปรุง

ระดับ 1 หมายถึง ใช้ไม่ได้

ผลการประเมิน มีเกณฑ์ในการแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง ต้องปรับปรุง

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง ใช้ไม่ได้

เกณฑ์การยอมรับมีคุณภาพระดับดีถึงดีมาก ดังนั้นระดับคุณภาพต้องมีค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 จึงจะยอมรับได้

4.3 การประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบเลือกตอบ คำถามของข้อสอบต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนการสอน และตารางวิเคราะห์น้ำหนักหลักสูตร มีค่าความยาก-ง่าย ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

เกณฑ์การยอมรับค่าความยาก-ง่าย อยู่ที่ 0.20 -0.80

เกณฑ์การยอมรับค่าอำนาจจำแนก อยู่ที่ ไม่ต่ำกว่า 0.20

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ข้อมูลคุณภาพของชุดทดลอง เป็นข้อมูลตัวเลข เก็บข้อมูลโดยผู้สอนและนักศึกษาผู้ใช้สื่อชุดทดลอง จำนวน 5 คน รวมจำนวน 6 คน

4.2 ข้อมูลของคุณภาพแผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิค ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากระดับความคิดเห็นของอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

4.3 ข้อมูลความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูล ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จากนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่เรียนวิชาหลักฟิสิกส์ จำนวน 30 คน

4.4 ข้อมูลผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากนักศึกษาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบชุดการสอนและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติ

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยรูปแบบการสอนที่ต่างกัน 2 ชั่วโมง หลังจบการสอนให้ทำแบบฝึกหัดและเฉลยแบบฝึกหัด หลังจากนั้นจึงทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากเก็บข้อมูลแต่ละส่วนเสร็จ ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าสถิติ ดังนี้

5.1 คุณภาพของชุดทดลอง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการใช้ชุดทดลองไปแปลผลการทดลองเปรียบเทียบกับค่าทฤษฎี โดยแปลจากค่าความเชื่อมั่น ด้วยการทดสอบแบบ One – Sample T Test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Statists 8.0 แล้วนำผลที่ได้มาแปลเป็นระดับคุณภาพของเครื่องมือวัด

กำหนดคุณภาพของชุดทดลองถ้ามีคุณภาพระดับดีถึงดีมาก จึงจะยอมรับได้

5.2 คุณภาพของ แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน สื่อการสอน ใช้สถิติคือค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\text{ค่าเฉลี่ยเลขคณิต} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ

\bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบ

ผู้วิจัยกำหนดคุณภาพจากการประเมินถ้ามีคุณภาพระดับดีถึงดีมาก จึงจะยอมรับได้

5.3 หาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สถิติ คือ ค่าความยาก-ง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (r_{tt}) โดยใช้สูตร ต่อไปนี้

$$\text{ค่าระดับความยากง่าย (P)} \quad P = \frac{R_H + R_L}{N}$$

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก (r)} \quad r = \frac{R_H + R_L}{N/2}$$

เมื่อ

P แทน ค่าระดับความยากง่ายของแบบทดสอบ

r แทน ค่าอำนาจจำแนก

 R_U แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ทำข้อนั้นถูก R_L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ทำข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนทั้งหมดที่ทำข้อสอบ

เกณฑ์ที่ยอมรับคือมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ 0.2 – 0.8 และค่าความยากง่ายอยู่ในเกณฑ์ไม่ต่ำกว่า 0.20

พบว่าข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าระดับความยากง่าย อยู่ที่ 0.30 – 0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ที่ 0.20 – 0.67 (ดูภาคผนวก ข. หน้าที่ 129)

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบ ใช้สูตร ดังนี้

$$S.D = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ

S.D แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

 $\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง $(\sum X)^2$ แทน กำลังสองของคะแนนผลรวม $\sum X$ แทน ผลรวมคะแนนสอบ

X แทน คะแนนสอบแต่ละคน

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบ

พบว่าข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.85

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right)$$

เมื่อ

r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูก

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิด

n แทน จำนวนข้อสอบ

S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ค่า $r_{tt} = 0.73$

(ดูภาคผนวก ข. หน้าที่ 130-131)

5.4 การทดสอบเพื่อการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สถิติดังนี้

1) ค่าความแปรปรวน โดยใช้สูตร

$$S^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

2) สถิติ F – test เพื่อทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

$$F = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} ; df_1, df_2$$

เมื่อ

F แทน ค่า F -test

S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน

df_1 แทน $n_1 - 1$ เมื่อ n_1 จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า S^2 มีค่ามาก

df_2 แทน $n_2 - 1$ เมื่อ n_2 จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า S^2 มีค่าน้อย

n แทน จำนวนคน

การวิจัยนี้ผู้วิจัยตั้งค่า $\alpha = .05$, $n_1 = n_2 = 30$

เปิดตาราง $df_1 = 29$ และ $df_2 = 29$ เป็นการทดสอบสมมุติฐานแบบสองทาง

$$\therefore \alpha = \frac{.05}{2} = .025 \text{ จากการเปิดตารางได้ ค่า } F = 2.10$$

3) สถิติ t - test ในการทดสอบสมมติฐาน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย และเป็นอิสระจากกัน จึงใช้สถิติ t - test แบบ independent ซึ่งสถิติ t - test มี 2 แบบ จึงต้องทดสอบสถิติ F -test ก่อน เพื่อตรวจสอบค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองว่าเท่ากันหรือไม่

ถ้าความแปรปรวนเท่ากัน ;
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right] \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

ถ้าความแปรปรวนไม่เท่ากัน ;
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

เมื่อ

t แทน ค่า t - test

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 แทน ค่าเฉลี่ยของของคะแนนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2

S_1^2 , S_2^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2

n_1 , n_2 แทน จำนวนคนกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2

$df = n_1 + n_2 - 2$

การวิจัยนี้ผู้วิจัยตั้งค่า $\alpha = .05$ และมีจำนวนคนของกลุ่มตัวอย่าง $n_1 = n_2 = 30$ คน

เปิดตาราง $df = 58$ เป็นการทดสอบสมมติฐานแบบสองทาง $\therefore \alpha = \frac{.05}{2} = .025$

จากตารางได้ ค่า $t = 2.00$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” กลุ่มตัวอย่างประชากร เป็นนักศึกษาสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอน

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

ตอนที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของชุดการสอน แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1.1 คุณภาพของชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” เก็บข้อมูลผลการทดลองโดยผู้สอน และนักศึกษา 5 คน รวมจำนวน 6 คน นำข้อมูลไปแปลผลและเปรียบเทียบกับค่าทฤษฎี วิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการทดสอบแบบ One – Sample t- test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Statistis 8.0 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 พบว่ามีความเชื่อมั่นที่ 95 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แปลผลได้ว่ามีระดับคุณภาพดีมาก

การเก็บข้อมูลการทดลองดูจากภาคผนวก ก. หน้าที่ 133 - 134

1.2 คุณภาพของ แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้านเทคนิค โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน นำข้อมูลระดับความคิดเห็นมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของ แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน
ด้านเทคนิค โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ระดับของคุณภาพ
1. แผนการสอน	4.89	ดีมาก
2. เอกสารประกอบการสอน	4.81	ดีมาก
3. สื่อการสอน	4.52	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	4.77	ดีมาก

จากตารางจะได้ว่าคุณภาพของ แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอนด้าน
เทคนิค โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีระดับคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมากทุกด้าน ดังรายละเอียด
ในการวิเคราะห์คุณภาพในภาคผนวก ค. หน้าที่ 136 - 139

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

หลังจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ นำคะแนนนักศึกษาแต่ละ
กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน ไปหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าความแปรปรวน ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้อสอบจำนวน 20 ข้อ

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักศึกษา N	คะแนนเฉลี่ย \bar{X}	ความแปรปรวน S^2
กลุ่มทดลอง	30	12.47	13.15
กลุ่มควบคุม	30	10.43	11.91

จากผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่มีค่าความแปรปรวนมากกว่าเล็กน้อย (ดังรายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อสอบในภาคผนวก ง. หน้าที่ 141 – 142)

จากนั้นผู้วิจัยนำทดสอบความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเท่ากันหรือไม่ การคำนวณได้ค่า $F = 1.10$ (ดูภาคผนวก ง. หน้าที่ 142) การวิจัยตั้งค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = .05$ เนื่องจากทดสอบแบบสองทาง เปิดตาราง ที่ $\alpha = .025$ ได้ค่า $F = 2.10$ นั่นคือค่า F ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่า F ตาราง แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน จึงทดสอบเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สถิติ t -test ที่ระดับ $\alpha = .05$ ดังนี้

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right] \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

ผลการคำนวณด้วยสถิติ t -test ได้ค่า $t = 2.43$ และจากการ เปิดตารางโค้งปกติ ที่ $df = 58$ และ $\alpha = .025$ ได้ค่า $t = 2.00$ นั่นคือ ค่า t ที่คำนวณได้มากกว่าค่า t จากตาราง แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.05$ (ดังรายละเอียดในการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาคผนวกที่ภาคผนวก ง. หน้าที่ 142)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” ประชากรของการวิจัยคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักศึกษากลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบชุดการสอนกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติ

ตัวอย่างประชากรได้จากการเลือกโดยวิธีเจาะจง เป็นนักศึกษาที่เรียนรายวิชาหลักฟิสิกส์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ได้นักศึกษาที่เป็นตัวอย่าง ประชากร 2 ห้อง ห้องเรียนละ 30 คน รวมเป็นนักศึกษา 60 คน สุ่มให้ห้องเรียนหนึ่งเป็น นักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบชุดการสอน และนักศึกษ้อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่ เรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติ ดำเนินการสอน เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลัง จบเนื้อหาการสอนที่ทดลองให้นักศึกษาร่วมกันทำแบบฝึกหัดจำนวน 20 ข้อ พร้อมเฉลย แบบฝึกหัด แล้วทำการแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบปรนัย แบบ เลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ จากนั้นนำคะแนนจากการสอบไปวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งสอง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการสอน ประกอบด้วย แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดการสอน และดำเนินการทดลองและ เก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยด้วยตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. คุณภาพของชุดการสอน ซึ่งประกอบ 2 ส่วน ดังนี้

1.1 คุณภาพของชุดทดลองปริมาณเวกเตอร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าระดับคุณภาพโดยแปลงจากค่าความเชื่อมั่น ด้วยการทดสอบแบบ One – Sample T Test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Statists 8.0

1.2 คุณภาพของ แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน วิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติคือค่าเฉลี่ยเลขคณิต

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดการสอนกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติ วิเคราะห์ด้วยสถิติ t – test ที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. คุณภาพของชุดการสอน อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งประกอบ 2 ส่วน ดังนี้

1.1 คุณภาพของชุดทดลองปริมาณเวกเตอร์ จากการทดสอบ ด้วยการทดสอบแบบ One – Sample t- test ที่ 95% พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ แปลผลได้ว่ามีระดับคุณภาพดีมาก

1.2 คุณภาพของ แผนการสอน เอกสารประกอบการสอน และสื่อการสอน มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต อยู่ในระดับ คุณภาพดีมาก

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบชุดการสอนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. คุณภาพของชุดการสอน อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจาก

1.1 คุณภาพของชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ” มีคุณภาพระดับดีมาก เนื่องจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นได้มีการพัฒนาอย่างเป็นระบบตามกระบวนการออกแบบเครื่องมือ มีการนำเครื่องมือที่สร้างไปทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และมีการปรึกษากันในการปรับปรุงคุณภาพของเครื่องมือระหว่างผู้ออกแบบเครื่องมือคือผู้วิจัยและผู้ดำเนินการสร้างคือผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือวัด ทำให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพ

1.2 คุณภาพของแผนการสอน อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากเป็นคู่มือการสอน ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่จะช่วยทำให้รู้ความมุ่งหมายของการเรียน และรู้แนวทางในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นโดยปรับปรุงจากโครงการสอนและมคอ. 3 ในรายวิชาหลักฟิสิกส์ ซึ่งเป็นข้อกำหนดของมหาวิทยาลัยที่อาจารย์ผู้สอนทุกท่านต้องส่ง มคอ.3 ก่อนเปิดเทอมในแต่ละภาคการศึกษา ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มเติมรายละเอียดเฉพาะส่วนที่ใช้ในการวิจัยเพิ่มขึ้นเท่านั้น ส่วนต่างยังคงสอดคล้องกับมคอ. 3 จึงส่งผลให้คุณภาพของแผนการสอนอยู่ในระดับดีมาก

1.3 คุณภาพของเอกสารประกอบการสอน อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากมีการเขียนใบเนื้อหาประกอบการสอน แบบฝึกหัดประกอบการสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยยึดเนื้อหาตามแผนการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตร และคำนึงถึงความต่อเนื่องของเนื้อหา และภาษาที่ใช้ในการเขียนมีการปรับปรุงหลายครั้ง

1.4 คุณภาพของสื่อการสอนด้านเทคนิค อยู่ในระดับดีมาก ดังนี้

1.4.1 คุณภาพของสื่อการสอน Power Point ผู้วิจัยสร้างโดยคำนึงถึงรายละเอียดอื่นๆ ที่นอกเหนือจากเนื้อหาที่ยึดตามใบเนื้อหา ได้แก่ การจัดองค์ประกอบต่างๆ ในเฟรมแต่ละเฟรม ด้านข้อความ ขนาดและสีตัวอักษร การวางรูปแบบให้สมดุล ความหนาแน่นของข้อความ และที่สำคัญผู้วิจัยยึดหลักความต่อเนื่องของเนื้อหา ถ้าเป็นเนื้อหาที่เป็นตัวอย่างการคำนวณจะจัดให้อยู่ในเฟรมเดียวกัน

1.4.2 คุณภาพของสื่อการสอนชุดทดลองปริมาณเวกเตอร์ อยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากสะดวกต่อการใช้งาน ไม่ยุ่งยากไม่ซับซ้อนในการใช้งาน

- ชุดศึกษาเวกเตอร์ 2 มิติ ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือปฏิบัติการทดลองเป็นกระดาษกราฟ ที่มีสเกลวัดมุมบนแผ่นกระดาษกราฟ มีคุณสมบัติความถูกต้องของสเกล และความคมชัด ผู้เรียนเพียงแค่ลากเส้นเวกเตอร์ผ่านสเกลวัดมุมบนกระดาษกราฟให้มีความยาวเท่ากับที่คำนวณโดยใช้อัตราส่วน แล้วอ่านค่าตัวเลขบนกระดาษกราฟก็ได้คำตอบองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวพิกัดฉาก 2 มิติทันทีในรูปแบบอัตราส่วน

- ชุดศึกษาเวกเตอร์ 3 มิติ ผู้วิจัยสร้างให้สะดวกต่อการใช้งาน สามารถวัดมุม 3 มิติ ได้สะดวก รวดเร็ว และสามารถอ่านค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากได้ทันที ในรูปอัตราส่วน แต่ผู้เรียนต้องมีทักษะการวัดและการอ่านค่าก็จะทำให้การทดลองสำเร็จในเวลาสั้นๆ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดการสอนมีระดับสูงกว่า นักศึกษากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ การที่ชุดการสอนมีประสิทธิภาพเนื่องจากองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

2.1 สื่อการสอนชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีคุณภาพ ดังนั้นเมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการ วัดค่าต่างๆ แล้วนำผลไปวิเคราะห์สรุปผลการทดลองพบว่าสอดคล้องกับทฤษฎีย่อมส่งผลให้เกิด ความเข้าใจในเนื้อหาภาคทฤษฎีมากขึ้น ดังที่ พิพัฒน์ สมใจ (2552 : บทความวิจัย) ได้กล่าวถึงการ จัดการเรียนการสอนให้บรรลุตามเจตนารมณ์ของหลักสูตรว่า การปฏิบัติการเป็นสื่อการสอนที่ช่วย ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงอันจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ และมีความเข้าใจ สื่อการสอนชุด ทดลองจึงเป็นเครื่องทุ่นแรงให้ครูสามารถอธิบายสิ่งที่ซับซ้อนยากแก่การเข้าใจให้ผู้เรียนเข้าใจได้ และทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากขึ้น

2.2 สื่อการสอน Power Point ที่เสนอเนื้อหา ทำให้เนื้อหาดูน่าสนใจ จากการสังเกต พฤติกรรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อ Power Point รู้สึกพึงพอใจกับบทเรียนมากกว่า กลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนตามปกติ จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วย ชุดการสอนมีระดับสูงกว่านักศึกษากลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชีรา มีอาษา , เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม และ กิติพงษ์ มะโน (2551 : บทความวิจัย) ซึ่งทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยได้กล่าวถึงการ วิจัยว่าประสิทธิภาพของบทเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน หนึ่งเป็นผลจากการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ เกี่ยวกับการวางรูปแบบหน้าจอ การใช้สี ขนาด ตัวอักษร ให้มีความน่าสนใจและสอดคล้องกับเนื้อหา

2.3 แบบฝึกหัดที่สร้างขึ้น มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทำให้นักศึกษาได้รับเนื้อหาที่มากยิ่งขึ้น ได้เกิดความคิด และการนำเสนอบน Power Point

เป็นการนำสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัยมาใช้ประเมินผลที่ช่วยให้ผู้เรียนทราบความก้าวหน้าของตนเองได้เป็นอย่างดี เพราะช่วยเร้าความสนใจ ดังที่ สุกัญญา อ้นบางใบ (2554: 46) ที่ได้ทำการวิจัยผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจในการเรียน ได้กล่าวถึงคุณแจสำคัญของการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จได้ง่ายคือ กระบวนการสอนต้องอาศัยการจูงใจ ความต้องการทางกาย อารมณ์ และสังคม

ข้อเสนอแนะ

1. ประสิทธิภาพของชุดการสอน ไม่ได้ขึ้นอยู่กับชุดการสอนเพียงสิ่งเดียวเท่านั้น แต่มีความสัมพันธ์กับอาจารย์ผู้สอนด้วย อาจารย์ต้องเข้าใจเนื้อหาและวิธีการใช้สื่อการสอนและต้องเตรียมเครื่องมือให้พร้อมก่อนการสอนจึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงในการเรียนการสอน

2. ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในวงการศึกษา จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการพัฒนาบทเรียนผ่านสื่อคอมพิวเตอร์ให้มากขึ้น เพื่อให้การเรียนการสอนมีความรวดเร็ว ความชัดเจน ความต่อเนื่อง และน่าสนใจ ตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงยุคปัจจุบัน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาบทเรียนผ่านสื่อชุดการสอน ในบทเรียนเรื่องอื่น ๆ
2. ควรมีการพัฒนารูปแบบ และวิธีการนำเสนอบทเรียนผ่านสื่อชุดการสอน ให้มีความหลากหลายมากขึ้น โดยพิจารณาถึงผู้เรียนเป็นสำคัญ
3. ควรพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นส่วนหนึ่งของสื่อในชุดการสอน

บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. (2543). เทคโนโลยีการศึกษา และนวัตกรรม. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- จรินทร์ จุลวานิช. (2541). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2525). เทคโนโลยีการสอนและการศึกษา. นนทบุรี มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมมาธิราช.
- เชน สุขเกษม. (2550). รายงานการใช้ผลงานวิชาการเอกสารประกอบการสอนวิชาคณิตศาสตร์ อิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) พุทธศักราช 2545 (ฉบับปรับปรุง2546). วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- ทัศนาศา แคมมณี. (2548) รูปแบบการเรียนการสอน : ทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สุทธาการพิมพ์.
- บุญเกื้อ ควรวาเวช. (2542) . นวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุรฉัตร ฉัตรวีระ และวิศิษฐ์ เดชพันธ์ (2541) กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคลิขิตศาสตร์ แปลและเรียบเรียงจาก Engineering Mechanics Statics โดย R.C. Hibber 1995 บริษัท ไชมอน แอนด์ ซุสเตอร์ อินโดไชน่า จำกัด Simon & Schuster Indochina Ltd. จำหน่ายโดยศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประจวบ ลาลิงห์. (2551). รายงานผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา 3100-0003 งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ(ไดโอด) วิทยาลัยเทคนิคเลย สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

- ปรีชา ฤทธิเดช. (2554). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมฟิสิกส์แบบสาระบันเทิงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปรินญาณิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พนิต เข้มทอง. (2541). เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการฝึกอบรมแนวใหม่ แนวคิดสู่การปฏิบัติ “วัตถุประสงค์ทางการศึกษา” . กรุงเทพฯ : สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิพัฒน์ สมใจ. (2552 : บทความวิจัย) การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการวงจรไอซี 555 วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 เมษายน 2552 – กันยายน 2553. 68 - 75.
- พรรณี ลีกิจวัฒน์ (2552) การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของพฤติกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 เมษายน 2552 – กันยายน 2553. 29-44.
- พระราชบัญญัติ การ ศึกษา แห่ง ชาติ ฉบับ ล้ำสุด. สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2555 เว็บไซต์ [http://www.google.co.th, www.moe.go.th/edtechfund/.../prb_study\(final\).pd](http://www.google.co.th, www.moe.go.th/edtechfund/.../prb_study(final).pd)
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2544). สถิติสำหรับการวิจัย. ศูนย์หนังสือราชภัฏพระนคร.
- เขวภา ผูกสมัคร. (2554) . ผลการใช้ชุดการสอน โดยใช้โปรแกรม GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์. ปรินญาณิการศึกษามหาบัณฑิต กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ระบบแกนพิกัดฉาก (rectangular coordinate system) สืบค้นเมื่อ กันยายน 2556 จากเว็บไซต์ <http://chatchaimathvru.blogspot.com/2013/09/rectangular-coordinate-system.html>
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2525). พัฒนาหลักสูตรและการสอน-มิติใหม่ พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์.

- วรวัฒน์ บุญดี. (2545). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียแบบสถานการณ์จำลอง วิชา
เครื่องรับวิทยุ เรื่องความถี่และการรับ-ส่งคลื่นวิทยุ โดยจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ระดับ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคยโสธร กระทรวงศึกษาธิการ.
- สุกาญจนา อ้นบางใบ. (2554). ผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจในการเรียนของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3
ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน จากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมี
เดีย 2 รูปแบบ ปรินญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา
กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุชีรา มีอาษา , เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม และ กิติพงษ์ มะโน (2552) การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์
ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อการทบทวนวิชาการจัดการข้อมูลเบื้องต้น เรื่องการ
เรียงลำดับข้อมูล วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม ปีที่ 8 ฉบับที่ 2 เมษายน 2552 –
กันยายน 2553. 11 – 20.
- สุภาพร บุญหนัก. (2544) . การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการแก้ปัญหา เรื่อง ความ
เท่ากันทุกประการ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ปรินญาานิพนธ์
กศ.ม. กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุมาลี จันทร์ชลอ . (2542). การวัดและประเมินผล ศูนย์สื่อเสริม กรุงเทพฯ ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีการศึกษา กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อนุวัฒน์ เดชไชสง, สายัณห์ โสระโร, ธนุชัย ภู่อุดม และ รวีวรรณ งามสันติกุล. (2553) ชุด
กิจกรรมการเรียนการสอน เรื่องเวกเตอร์ โดยใช้โปรแกรม C.a.R. สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 2 (An Instructional Activity Package on Vectors by Using C.a.R.
Program) จากวารสารวิทยาศาสตร์ มศว. Vol 26 ,No 2 เดชไชสง สืบค้นเมื่อ พฤษภาคม
2556 จากเว็บไซต์ <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/ssj/article>
- อรอุมา ไชโยธา. (2547). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเองแบบสืบสวนสอบสวนที่
ใช้การ์ตูนประกอบ เรื่อง ระบบจำนวนเต็ม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปรินญาานิพนธ์
การศึกษามหาบัณฑิต กรุงเทพฯ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Cardarelli John B. (1973). **Model of School Learning. Teachers College Record.**64(2)

Hugh D. Young and Roger A Fredman (2004). **University Physics with Modern Physics**

11 th Edition. Pearson Addison Wesley

John D. Cutnell and Kenneth W. Johnson **Physics** Willey fifth edition International

Edition.

Paul E. Tippens (2007) **Physics** seventh edition McGRAW – Hill International Edition.

Serway (2000). **Physics for Scientists and Engineers** 6th Edition Thomson Brooks/Cole.

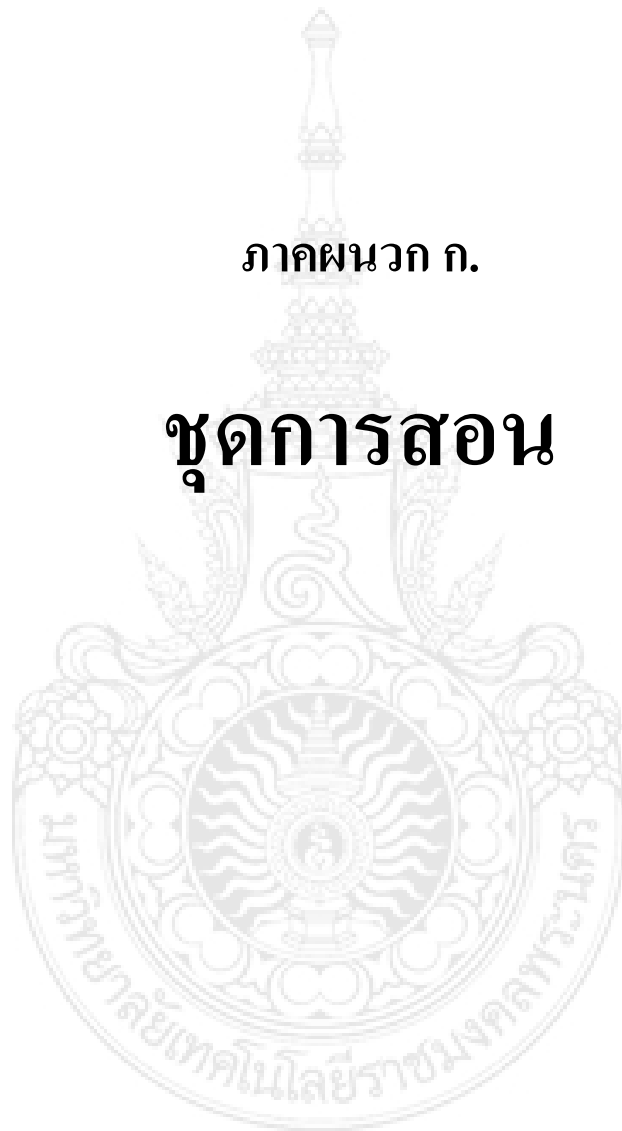
Smit , Patly Temeton. (1994). **Effect on Student Attitude and Achievement.** Dissertation

.Abstract International. 4 (7) , 11-17



ภาคผนวก ก.

ชุดการสอน





คำชี้แจง ชุดการสอนประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. แผนการสอน **ประกอบด้วย** ลักษณะรายวิชา การแบ่งหน่วยเรียน การแบ่งบทเรียน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตารางวิเคราะห์หลักสูตรด้านพุทธิพิสัย แผนการจัดการเรียนการสอน
 2. เอกสารประกอบการเรียนการสอน **ประกอบด้วย** ใบเนื้อหา แบบฝึกหัดพร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย
 3. สื่อการสอน **ประกอบด้วย** สื่อชุดทดลองและสื่อ Power Point **พร้อมคู่มือการใช้ชุดทดลอง การใช้ชุดการสอน** ชุดการสอนนี้เป็นชุดการสอนประกอบการบรรยาย **เวลา 2 ชั่วโมง** ให้ปฏิบัติดังนี้
 1. เตรียมคอมพิวเตอร์และแผ่นซีดีของเนื้อหาที่เป็น **Power Point** ให้พร้อมก่อนการสอน
 2. เตรียมประกอบชุดทดลองและอุปกรณ์ประกอบให้พร้อมสำหรับการสาธิตการทดลอง
 3. ดำเนินการเรียนการสอนตามแผนการสอน
 4. ทดสอบหลังการเรียน หลังจบการเรียนการสอนและการเฉลยแบบฝึกหัด
- เนื้อหา** ประกอบด้วย 4 หัวข้อเรื่อง คือ

ความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์ เวกเตอร์หนึ่งหน่วย องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์

แผนการสอนเรื่อง “ปริมาณเวกเตอร์”

วิชาหลักฟิสิกส์ (02-511-101)



จัดทำโดย

ผศ.สิริน ตีระชนกุล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คำชี้แจง

แผนการสอนนี้ใช้สำหรับสอนรายวิชาหลักฟิสิกส์ หน่วยเรียน ปริมาณเวกเตอร์ บทเรียน
เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการ
สอน “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

แผนการสอนประกอบด้วย

1. ลักษณะรายวิชาหลักฟิสิกส์
2. การแบ่งหน่วยเรียนวิชาหลักฟิสิกส์
3. การแบ่งบทเรียนเวกเตอร์และพีชคณิตของเวกเตอร์
4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม บทเรียน เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์
5. ตารางวิเคราะห์หลักสูตร ด้านพุทธิพิสัย บทเรียน เวกเตอร์และองค์ประกอบของ
เวกเตอร์
6. แนวการจัดการเรียนการสอน บทเรียน เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

ลักษณะรายวิชาหลักฟิสิกส์

1. รหัสและชื่อ 02-511-101 หลักฟิสิกส์
2. สภาพรายวิชา หมวดวิชา ศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชา ฟิสิกส์ หลักสูตรปริญญาตรี
3. ระดับรายวิชา ชั้นปีที่ 1
4. พื้นฐาน -
5. เวลาศึกษา 48 คาบเรียน ตลอด 16 สัปดาห์ ทฤษฎี 3 คาบเรียนต่อสัปดาห์
ปฏิบัติ - คาบเรียนต่อสัปดาห์ และศึกษาค้นคว้านอกเวลา 6 คาบเรียนต่อสัปดาห์
6. จำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต
7. จุดมุ่งหมายรายวิชา
 1. เข้าใจหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์
 2. แก้ปัญหาทางฟิสิกส์ และประยุกต์วิชาหลักฟิสิกส์กับวิชาชีพ และเทคโนโลยีใหม่ๆ ได้
 3. พัฒนาระบวนการคิด การวิเคราะห์ และการทำงานอย่างเป็นระบบ
 4. มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเห็นคุณค่าการศึกษาวิชาหลักฟิสิกส์
8. คำอธิบายรายวิชา ศึกษาเกี่ยวกับ เวกเตอร์และแรง การเคลื่อนที่ และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน การดลและโมเมนตัม งานและพลังงาน กลศาสตร์ของไหล ความร้อนและอุณหพลศาสตร์เบื้องต้น คลื่น แสง และเสียง

การแบ่งหน่วยเรียนวิชาหลักฟิสิกส์

1. เวกเตอร์และพีชคณิตของเวกเตอร์	6 คาบ
2. แรง การเคลื่อนที่และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6 คาบ
3. การคล โมเมนต์ัม งานและพลังงาน	6 คาบ
4. กลศาสตร์ของไหล	6 คาบ
5. ความร้อนและอุณหพลศาสตร์เบื้องต้น	6 คาบ
6. คลื่น	3 คาบ
7. แสง	6 คาบ
8. เสียง	6 คาบ

การแบ่งบทเรียนเวกเตอร์และพีชคณิตของเวกเตอร์

การวิจัยนี้ศึกษาเรื่อง “ปริมาณเวกเตอร์” จึงพิจารณาเฉพาะการแบ่งหน่วยเรียน เรื่อง เวกเตอร์และพีชคณิตของเวกเตอร์ ซึ่งจะประกอบด้วยเนื้อหาบทเรียน 3 บทเรียน ดังนี้

1.1 หน่วยการวัด	60 นาที
1.1.1 วิวัฒนาการของหน่วยการวัด ทางฟิสิกส์	
1.1.2 ระบบหน่วยมาตรฐานสากล	
1.2 เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์	120 นาที
1.2.1 ความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์	
1.2.2 เวกเตอร์หนึ่งหน่วย	
1.2.3 ส่วนประกอบของเวกเตอร์แนวแกนอ้างอิงฉาก	
1.2.4 ขนาดและทิศของเวกเตอร์	
1.3 พีชคณิตของเวกเตอร์	180 นาที
1.3.1 การรวมปริมาณเวกเตอร์	
1.3.2 ผลคูณเวกเตอร์เชิงสเกลาร์และเชิงเวกเตอร์	

หมายเหตุ ในการวิจัยนี้ศึกษาวิจัยบทเรียน เรื่อง เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ ใช้เวลา 120 นาที

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

บทเรียน เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

เมื่อนักศึกษาเรียน เรื่องเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ แล้วสามารถ

1. อธิบายความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์ได้
2. คำนวณเกี่ยวกับเวกเตอร์หนึ่งหน่วยได้
3. คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากได้
4. คำนวณหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ได้

ตารางวิเคราะห์หลักสูตร ด้านพุทธิพิสัย

บทเรียน เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

พฤติกรรมที่คาดหวัง เนื้อหาสาระของบทเรียน	พุทธิพิสัย						รวม	อันดับความสำคัญ	จำนวนข้อสอบ
	ความรู้- ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมินค่า			
น้ำหนักแต่ละเนื้อหา	10	10	10	10	10	10	60		
- ความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์	1	7	0	0	0	0	8	2	4
- เวกเตอร์หนึ่งหน่วย	0	8	0	0	0	0	8	2	4
- องค์ประกอบของเวกเตอร์แนวแกนอ้างอิงฉาก	0	8	2	0	0	0	10	1	6
- ขนาดและทิศของเวกเตอร์	0	10	0	0	0	0	10	1	6
รวม	1	33	2	0	0	0	36		20
อันดับความสำคัญ	3	1	2						
จำนวนข้อสอบ	0	19	1						



แนวการจัดการเรียนการสอน เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

กำหนดการสอน บทเรียน เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

1. ทบทวนความรู้พื้นฐาน	15 นาที
2. ความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์	20 นาที
3. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย	20 นาที
4. องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก	45 นาที
5. ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์	20 นาที

หมายเหตุ

- เนื้อหาในรายวิชาหลักฟิสิกส์ จะเน้นการเคลื่อนที่เชิงเส้น ที่เป็น 1 มิติ และ 2 มิติ มากกว่าการเคลื่อนที่ 3 มิติ
- การทำแบบฝึกหัดจะทำเมื่อจบการเรียนการสอนเนื้อหาของการวิจัยแล้ว

ทบทวนความรู้พื้นฐาน (15 นาที)

จุดมุ่งหมายของการทบทวนความรู้พื้นฐานเดิม

เป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเข้าสู่เนื้อหาใหม่ที่จะเรียน โดยไม่ต้องคาดเดาหรือทำการทดสอบว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานเท่ากันหรือไม่

สาระสำคัญ

- ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้าย สามเหลี่ยมคล้ายเป็นสามเหลี่ยมที่มีมุมภายในทุกมุมเท่ากัน จึงมีอัตราส่วนระหว่างด้านต่อด้านเป็นค่าคงตัว
- ทฤษฎีบทของพีทาโกรัส สามเหลี่ยมมุมฉาก คือ สามเหลี่ยมที่มีมุมหนึ่งเป็นมุมฉาก (กาง 90°) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลบวกของพื้นที่บนด้านประกอบมุมฉาก เขียนสมการได้ว่า $a^2 = b^2 + c^2$
- ฟังก์ชันตรีโกณมิติ มีสมการ ดังนี้

$$\sin\theta = \text{ข้าม} / \text{ฉาก}$$

$$\cos\theta = \text{ชิด} / \text{ฉาก}$$

$$\tan\theta = \text{ข้าม} / \text{ชิด}$$

- ปริมาณสเกลาร์ หมายถึงปริมาณที่บอกขนาดเท่านั้นก็มีความหมายสมบูรณ์

วิธีการสอน

1. นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการ ตั้งคำถามถามผู้เรียนถึงวิธีการหาค่าความสูงของเสาธง จะสามารถทำได้อย่างไร แล้วเข้าสู่การทบทวนเนื้อหาพื้นฐานความรู้ที่ต้องการ
2. โดยใช้การสอนแบบบรรยายเนื้อหา และถาม-ตอบ เกี่ยวกับทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีบทของพีทาโกรัส ฟังก์ชันตรีโกณมิติ และปริมาณสเกลาร์ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
3. สรุปเนื้อหา

สื่อการสอน

1. ใบเนื้อหาของเอกสารประกอบการสอน
2. สื่อ Power Point
3. เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ

การวัดและประเมินผล

สังเกตจากพฤติกรรมของผู้เรียนต่อหัวข้อที่สอนทบทวนความรู้พื้นฐาน เกี่ยวกับความสนใจและความกระตือรือร้น

2. ความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์ (20 นาที)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม อธิบายความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์

สาระสำคัญ

เวกเตอร์หมายถึง ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทางจึงจะมีความสมบูรณ์ สัญลักษณ์แทนเวกเตอร์ใช้อักษรตัวพิมพ์หนาหรืออักษรตัวพิมพ์บางที่มีเครื่องหมายลูกศรกำกับเหนือตัวอักษร เช่น สัญลักษณ์ของแรงใช้ F หรือ \vec{F} เวกเตอร์ใดๆ เขียนแทนได้ด้วยลูกศร หางลูกศรอยู่ที่จุดเริ่มต้น และหัวลูกศรอยู่ที่จุดสุดท้าย ความยาวของส่วนเส้นตรงของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์ และทิศที่หัวลูกศรชี้คือทิศทางของเวกเตอร์

ขนาดของเวกเตอร์ บอกได้หลายแบบ เช่น เวกเตอร์ A ขนาด 10 เมตร จะเขียนเป็น

$$A = 10 \text{ m} \text{ หรือ } |A| = 10 \text{ m} \text{ หรือ } |\vec{A}| = 10 \text{ m}$$

ทิศทางของเวกเตอร์โดยทั่วไปกำหนดเป็นมุม θ ซึ่งเป็นมุมชิดแกน +x วัดทวนเข็มนาฬิกา ไปถึงเส้นเวกเตอร์

การลากเส้นลูกศรแทนเวกเตอร์ ลูกศรลากจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้าย การบอกตำแหน่ง เป็นการบอกพิกัด ซึ่งการบอกพิกัดมี 2 ระบบ คือ

1. ระบบพิกัดเชิงขั้ว บอกระยะทางจากจุดอ้างอิงและบอกทิศทางเทียบกับแกนอ้างอิง
2. ระบบพิกัดฉากหรือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน บอกระยะทางในแนวแกนจากแต่ละแกน

พร้อมทิศทาง



ก. ระบบพิกัดเชิงขั้ว

ข. ระบบพิกัดฉากหรือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

รูป ลูกศรแทนเวกเตอร์ 2 มิติ



ก. ระบบพิกัดเชิงขั้ว

ข. ระบบพิกัดฉากหรือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

รูป ลูกศรแทนเวกเตอร์ 3 มิติ

วิธีการสอน

1. นำเข้าสู่เนื้อหาโดยการตั้งคำถาม ถามผู้เรียนว่า จากห้องเรียนไปห้องสมุดจะเลือกใช้เส้นทางใดจึงจะไปถึงได้เร็วที่สุด แล้วนำเข้าสู่เนื้อหาปริมาณเวกเตอร์
2. ใช้การสอนแบบบรรยายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ และถาม-ตอบ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
3. ให้ผู้เรียนทุกคนใช้กระดาษกราฟแบบมีสเกลวัดมุม หักลากเส้นเวกเตอร์ที่มีขนาด 10 เมตร เมื่อกำหนดมุมให้ และเมื่อกำหนดความชันของเวกเตอร์ให้ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
4. ให้ผู้เรียนทุกคนใช้กระดาษกราฟ หักลากเส้นเวกเตอร์ เมื่อกำหนดองค์ประกอบของเวกเตอร์ให้ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
5. สรุปเนื้อหา

สื่อการสอน

1. ใบเนื้อหาของเอกสารประกอบการสอน
2. สื่อ Power Point
3. กระดาษกราฟที่มีสเกลวัดมุม ดินสอและไม้โปรแทรกเตอร์
4. เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตจากพฤติกรรมของผู้เรียนต่อหัวข้อที่สอน เกี่ยวกับความสนใจและความกระตือรือร้น
2. ทำแบบฝึกหัด ข้อ 1 – 4

3. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (20 นาที)

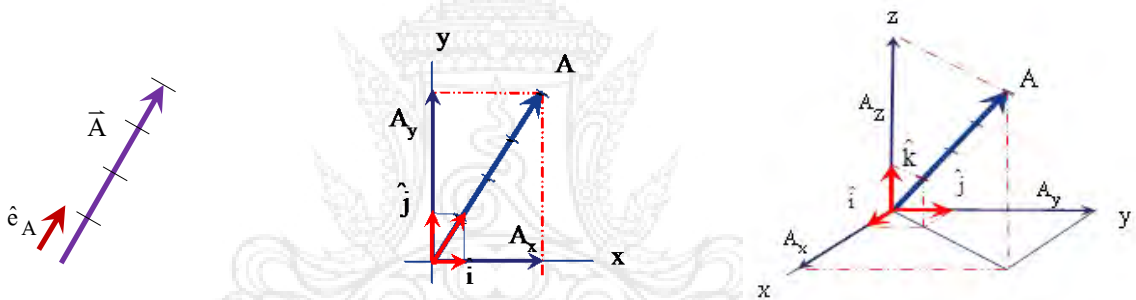
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คำนวณเกี่ยวกับเวกเตอร์หนึ่งหน่วย

เนื้อหาสาระ

เวกเตอร์หนึ่งหน่วย หมายถึงเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับหนึ่ง (ไม่มีหน่วย) ได้จากการหารเวกเตอร์ด้วยขนาดของเวกเตอร์นั้น

$$\hat{e}_A = \frac{\vec{A}}{A}, \quad \hat{e}_A \text{ มีขนาดเท่ากับหนึ่ง และทิศเดียวกับทิศของ } \vec{A}$$

เพื่อเป็นการบอกทิศทางของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวแกน x, y, และ z ให้แน่นอน จึงกำหนดทิศในแนวแกน x, y, และ z แทนด้วย \hat{i} , \hat{j} และ \hat{k} ตามลำดับ



รูป เวกเตอร์ \vec{A} และเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ \vec{A} ในระบบพิกัดฉาก

$$\hat{e}_A = \frac{\vec{A}}{A} = \frac{A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}}{A} = \cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k}$$

$$\vec{A} = A \hat{e}_A = A(\cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k})$$

วิธีการสอน

- นำเข้าสู่เนื้อหาด้วยการตั้งคำถาม ถามผู้เรียนว่าเนื่องจากเวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง จะมีวิธีการอย่างไรจึงจะสามารถทำให้ขนาดของเวกเตอร์มีค่าเท่ากับหนึ่งได้
- ใช้การสอนแบบบรรยายเนื้อหา และถาม-ตอบเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
- สรุปเนื้อหา

สื่อการสอน

1. ใบเนื้อหาของเอกสารประกอบการสอน
2. สื่อ Power Point
3. เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตจากพฤติกรรมของผู้เรียนต่อหัวข้อที่สอน เกี่ยวกับความสนใจและความกระตือรือร้น
2. ทำแบบฝึกหัด ข้อ ที่ 5-8

4. องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก (45 นาที)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก

เนื้อหาสาระ

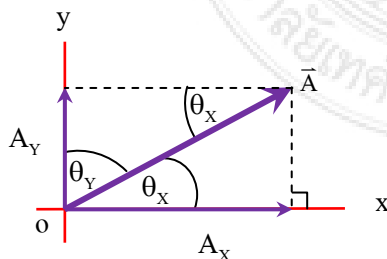
องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก หมายถึงเวกเตอร์ย่อยที่ได้จากการแยกเวกเตอร์เข้าหาแกนอ้างอิงฉาก

องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ เขียนในรูปสมการได้ว่า

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y \quad \text{หรือ} \quad \vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j}$$

ขนาดเวกเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละแกนหาได้ 2 วิธี คือ การสร้างรูปและการคำนวณ

วิธีการสร้างรูป สร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า องค์ประกอบของเวกเตอร์จะเป็นด้านประกอบของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูป องค์ประกอบของเวกเตอร์ 2 มิติ

ลากลูกศรโดยกำหนดอัตราส่วนตามเหมาะสม เมื่อวัดด้านประกอบของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้เท่าไรให้ใช้แปลงอัตราส่วนกลับให้เป็นขนาดของเวกเตอร์

วิธีการคำนวณ ใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

$$A_x = A \cos \theta_x$$

$$A_y = A \cos \theta_y \quad \text{หรือ} \quad A_y = A \sin \theta_x$$

องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ การหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ 3 มิติ ไม่สามารถได้ด้วยการสร้างรูปแล้ววัดเนื่องจากหน้ากระดาษมีเพียง 2 มิติเท่านั้น ดังนั้นใช้วิธีหาค่าจากการคำนวณ

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y + \vec{A}_z \text{ หรือ } \vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}$$

การคำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ มีวิธีดังนี้

1. ในกรณีที่ทราบค่ามุมที่เวกเตอร์กระทำกับแกนอ้างอิงฉาก

$$\theta_x \text{ เป็นมุมที่เวกเตอร์ทำกับซิดแกน } x \text{ จะได้ } A_x = A \cos \theta_x$$

$$\theta_y \text{ เป็นมุมที่เวกเตอร์ทำกับซิดแกน } y \text{ จะได้ } A_y = A \cos \theta_y$$

$$\theta_z \text{ เป็นมุมที่เวกเตอร์ทำกับซิดแกน } z \text{ จะได้ } A_z = A \cos \theta_z$$

2. ในกรณีที่ทราบค่ามุมในระบบพิกัดเชิงขั้วที่เวกเตอร์กระทำกับแกนอ้างอิงฉาก จะได้

$$A_x = A' \cos \phi = A \sin \theta_z \cos \phi$$

$$A_y = A' \sin \phi = A \sin \theta_z \sin \phi$$

$$A_z = A \cos \theta_z$$

วิธีการสอน

- นำเข้าสู่เนื้อหาด้วยการตั้งคำถาม ถามผู้เรียนว่า ถ้าเส้นตรง AB มีพิกัดของจุด A เป็น (3,0) เมตร และพิกัดของจุด B เป็น (0,4) เมตร จะสามารถลากเส้นตรง AB ได้โดยวิธีการใด แล้วนำเข้าสู่เนื้อหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก
- ใช้การสอนแบบบรรยายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ และถาม-ตอบ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
- ให้ผู้เรียนทุกคนใช้กระดาษกราฟแบบมีสเกลวัดมุม ลากเส้นเวกเตอร์ $\vec{A}(30\text{m}, 40^\circ)$ แล้ววัดองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกนอ้างอิงฉาก และใช้วิธีการคำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ แล้วเปรียบเทียบระหว่างคำตอบที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
- ผู้สอนใช้ชุดทดลองเวกเตอร์ สาธิตการทดลองโดยให้นักศึกษามาช่วยกันตั้งค่ามุม $\theta_z = 50^\circ$ และ $\phi = 40^\circ$ ที่ชุดทดลอง และวัดองค์ประกอบของเวกเตอร์ขนาด 30 เมตร

ในแนวแกนอ้างอิงฉากแต่ละแกน และบันทึกผลลงในตารางและวิเคราะห์ผลการทดลองร่วมกัน เปรียบผลการวัดองค์ประกอบของเวกเตอร์กับการคำนวณ แล้วร่วมกันสรุปผลการทดลอง

5. สรุปเนื้อหา

สื่อการสอน

1. ใบเนื้อหาของเอกสารประกอบการสอน
2. สื่อ Power Point
3. ชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”
4. เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตจากพฤติกรรมของผู้เรียนต่อหัวข้อที่สอน เกี่ยวกับความสนใจและความกระตือรือร้น
2. ทำแบบฝึกหัด ข้อที่ 9-12 และ 17 , 19

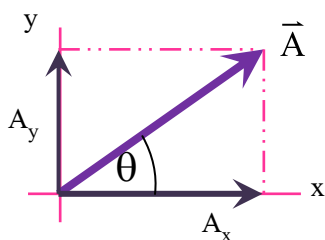
5. ขนาดและทิศของเวกเตอร์ (20 นาที)

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กำหนดหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์

เนื้อหาสาระ

เมื่อรู้เวกเตอร์องค์ประกอบของเวกเตอร์ใดๆในระบบพิกัดฉาก สามารถหาขนาดและทิศของเวกเตอร์ได้ดังนี้

การสร้างรูปเพื่อหาขนาดของเวกเตอร์จะใช้ได้กับเวกเตอร์ 2 มิติ



ด้านประกอบของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าคือองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก ดังนั้นขนาดของเวกเตอร์หาจากความยาวเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูป การสร้างรูปการรวมเวกเตอร์

การคำนวณขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ ทำได้ดังนี้

การคำนวณเวกเตอร์ 2 มิติ $A^2 = A_x^2 + A_y^2$ และ $\theta = \tan^{-1} \frac{A_y}{A_x}$

การคำนวณเวกเตอร์ 3 มิติ $A^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$ และ $|\hat{c}|^2 = \cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z = 1$

$$\theta_x = \cos^{-1} \frac{A_x}{A}, \quad \theta_y = \cos^{-1} \frac{A_y}{A} \quad \text{และ} \quad \theta_z = \cos^{-1} \frac{A_z}{A}$$

วิธีการสอน

- นำเข้าสู่เนื้อหาด้วยการตั้งคำถาม ถามผู้เรียนว่า ถ้าเส้นตรง AB มีพิกัดของจุด A เป็น (3,0) เมตร และพิกัดของจุด B เป็น (0,4) เมตร จะสามารถหาขนาดความยาวเส้นตรงนี้ได้อย่างไร
- ใช้การสอนแบบบรรยายเนื้อหาพร้อมยกตัวอย่างประกอบ และถาม-ตอบ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ
- ให้ผู้เรียนนำข้อมูลจากการวัดค่ามุมของเวกเตอร์ 3 มิติ ที่ทำกับแกนอ้างอิงฉากแต่ละแกนจากการทดลองที่แล้วมาคำนวณหาค่าของ $\sqrt{\cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z}$ แล้วเปรียบเทียบกับสมการ $|\hat{c}|^2 = \cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z = 1$ เพื่อสรุปความสัมพันธ์ระหว่างมุมของเวกเตอร์ 3 มิติ
- สรุปเนื้อหา

สื่อการสอน

1. ใบเนื้อหาของเอกสารประกอบการสอน
2. สื่อ Power Point
3. ผลการทดลองการหาค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์
4. เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตจากพฤติกรรมของผู้เรียนต่อหัวข้อที่สอน เกี่ยวกับความสนใจและความกระตือรือร้น
2. การทำแบบฝึกหัด ข้อ ที่ 13 – 16 และ 18 , 20

บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน

ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น สนใจ และพึงพอใจ และผู้เรียนมีความพึงพอใจกับกระดานกราฟที่ใช้ในการทดลองหาค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์มากเนื่องจากสะดวกในการอ่านค่า





เอกสารประกอบการสอน

“ ปริมาณเวกเตอร์ ”

(เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์)

จัดทำโดย

ผศ. สิริิน สิริระชนกุล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คำชี้แจง

เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้ใช้ประกอบการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอน
“ ปริมาณเวกเตอร์ ”

เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

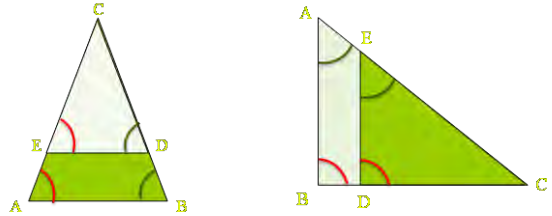
1. ใบเนื้อหา
2. แบบฝึกหัดและเฉลยแบบฝึกหัด
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเฉลยแบบทดสอบ



ปริมาณเวกเตอร์ (เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์)

ความรู้พื้นฐานในการศึกษาปริมาณเวกเตอร์

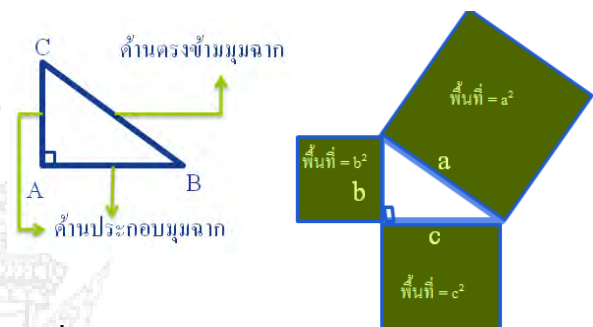
1. ทฤษฎีสองเหลี่ยมคล้าย สามเหลี่ยมคล้ายเป็นสามเหลี่ยมที่มีมุมภายในทุกมุมเท่ากัน จึงมีอัตราส่วนระหว่างด้านต่อด้านเป็นค่าคงตัว



รูปที่ 1 สามเหลี่ยมคล้าย ($\triangle ABC \sim \triangle EDC$)

2. ทฤษฎีบทของพีทาโกรัส สามเหลี่ยมมุมฉากคือสามเหลี่ยมที่มีมุมหนึ่งเป็นมุมฉาก (กาง 90°) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลบวกของพื้นที่บนด้านประกอบมุมฉาก เขียนสมการได้ว่า

$$a^2 = b^2 + c^2$$



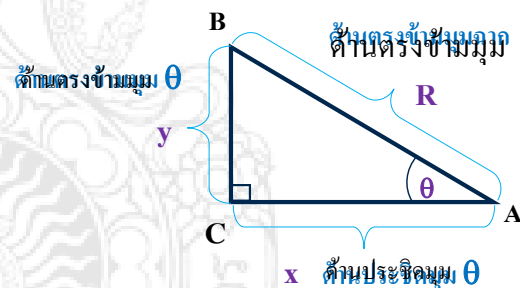
รูปที่ 2 ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

3. ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

$$\sin\theta = \frac{\text{ข้าม}\theta}{\text{ฉาก}} = \frac{BC}{AB} = \frac{y}{R}$$

$$\cos\theta = \frac{\text{ชิด}\theta}{\text{ฉาก}} = \frac{AC}{AB} = \frac{x}{R}$$

$$\tan\theta = \frac{\text{ข้าม}\theta}{\text{ชิด}\theta} = \frac{BC}{AC} = \frac{y}{x}$$



รูปที่ 3 ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

4. ปริมาณสเกลาร์ หมายถึงปริมาณที่มีแต่ขนาด ได้แก่ ความยาว มวล เวลา อุณหภูมิ สัญลักษณ์แทนปริมาณสเกลาร์ใช้อักษรตัวบาง เช่น มวล 1.2 กิโลกรัม เขียนสัญลักษณ์แทนด้วย $m = 1.2 \text{ kg}$



รูปที่ 4 ปริมาณสเกลาร์ (ภาพจาก www.google.co.th/)

การศึกษาปริมาณเวกเตอร์ บทเรียนเรื่อง “ เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ ” ประกอบด้วย 4 หัวข้อ คือ

1. ความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์
2. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย
3. องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก
4. ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์

1. ความหมายและสัญลักษณ์ของเวกเตอร์

เวกเตอร์หมายถึงปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทางจึงจะมีความสมบูรณ์ ได้แก่ น้ำหนัก แรง ความเร็ว โมเมนตัม เป็นต้น



รูปที่ 5 ปริมาณเวกเตอร์(ภาพจาก www.google.co.th/)

สัญลักษณ์แทนเวกเตอร์ใช้อักษรตัวพิมพ์หนาหรืออักษรตัวพิมพ์บางที่มีเครื่องหมายลูกศรกำกับเหนือตัวอักษร เช่น ความเร็ว 8 เมตรต่อวินาที ทิศทำมุม 30° กับทิศตะวันออกเฉียงไปทางเหนือ เขียนสัญลักษณ์เป็น \mathbf{v} หรือ $\mathbf{v} = 8 \text{ m/s}, 30^\circ \text{ N of E}$

ขนาดของเวกเตอร์ สามารถเขียนได้หลายแบบ เช่น เวกเตอร์ A ขนาด 10 เมตร จะเขียนสัญลักษณ์เป็น $A = 10 \text{ m}$ หรือ $A = 10 \text{ m}$ หรือ $|\vec{A}| = 10 \text{ m}$

ทิศทางของเวกเตอร์ ทิศต้องสื่อความหมายได้ว่ามีทิศเพียงทิศเดียว

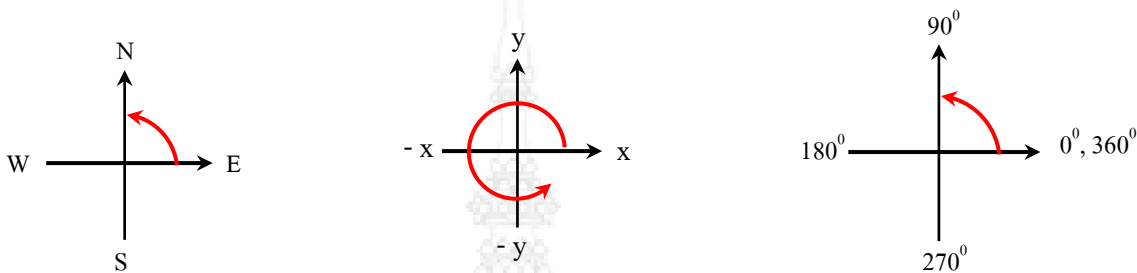
เวกเตอร์ใดๆ เขียนแทนได้ด้วยลูกศร หางลูกศรอยู่ที่จุดเริ่มต้น และหัวลูกศรอยู่ที่จุดสุดท้าย ความยาวของส่วนเส้นตรงของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์ และทิศที่หัวลูกศรชี้คือทิศทางของเวกเตอร์



รูปที่ 6 ลูกศรแทนเวกเตอร์

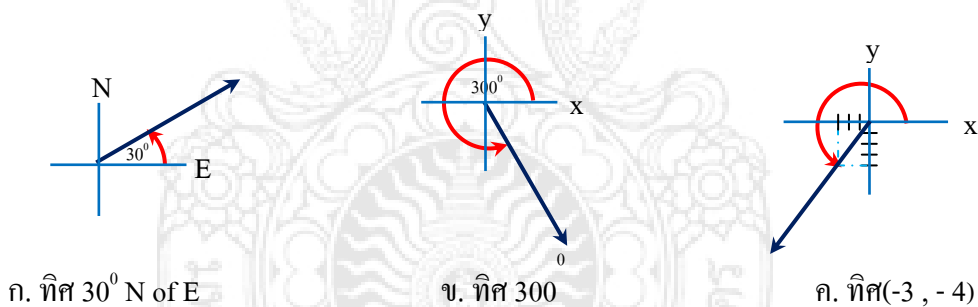
แกนอ้างอิงฉาก เป็นแกนที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ใช้อ้างอิงในการบอกทิศของเวกเตอร์ มี 2 ประเภท คือ

1. **แกนอ้างอิงฉาก 2 มิติ** ประกอบด้วย 2 แกน คือแกนแนวตั้งกับแนวนอน เรียกแกนที่อยู่แนวนอนว่า แกน x และเรียกแกนที่อยู่แนวตั้งว่าแกน y โดยมีเครื่องหมายบวกและลบกำกับแกนเพื่อบอกทิศ นอกจากนี้ยังมีการบอกทิศเทียบกับแกนภูมิศาสตร์ที่บอกเป็นทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก



รูปที่ 7 แกนอ้างอิงฉาก 2 มิติ

ทิศทางของเวกเตอร์ 2 มิติ จะบอกด้วยมุมวัดจากแกน +x ในทิศทวนเข็มนาฬิกาไปถึงเส้นเวกเตอร์ ใช้สัญลักษณ์ของมุมที่บอกทิศทางเป็น θ หรือบอกทิศทางด้วยคู่ลำดับ (x, y)



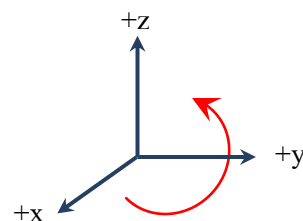
ก. ทิศ 30° N of E

ข. ทิศ 300

ค. ทิศ(-3, -4)

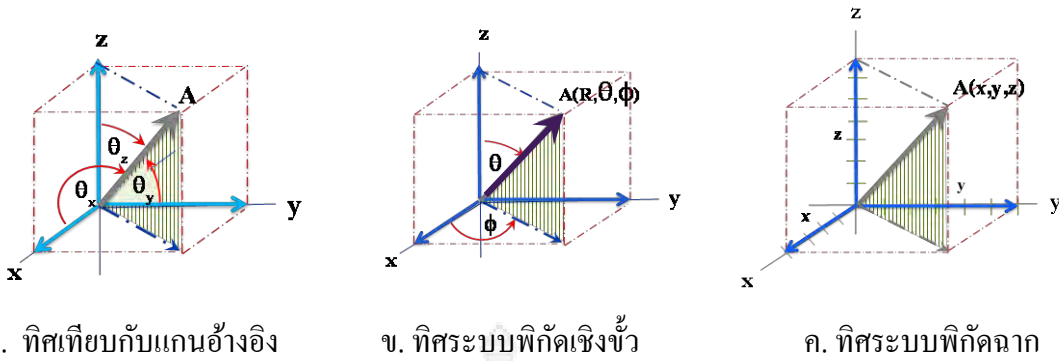
รูปที่ 8 การบอกทิศทางของเวกเตอร์ 2 มิติ

2. **แกนอ้างอิงฉาก 3 มิติ** ประกอบด้วย แกน 3 แกนตั้งฉากซึ่งกันและกัน คือแกน x แกน y และแกน z ซึ่งการตั้งแกนจะวนทิศทวนเข็มนาฬิกา ดังรูป และบอกทิศทางของเวกเตอร์ด้วยมุมที่วัดจากแกนที่มีเครื่องหมายบวก



รูปที่ 9 แกนอ้างอิงฉาก 3 มิติ

สัญลักษณ์ของมุมที่เวกเตอร์ ทำกับแกน x คือ θ_x มุมที่เวกเตอร์ทำกับแกน y คือ θ_y และ มุมที่เวกเตอร์ทำกับแกน z คือ θ_z หรือทิศทางในระบบพิกัดเชิงขั้วหรือระบบพิกัดฉากก็ได้



ก. ทิศเทียบกับแกนอ้างอิง

ข. ทิศระบบพิกัดเชิงขั้ว

ค. ทิศระบบพิกัดฉาก

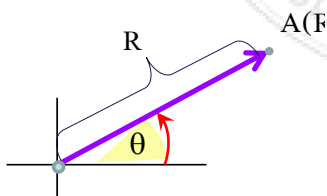
รูปที่ 10 การบอกทิศทางของเวกเตอร์ 3 มิติ

การลากเส้นลูกศรแทนเวกเตอร์ ลูกศรลากจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้าย การบอกตำแหน่งเป็นการบอกพิกัด ในที่นี้ศึกษาพิกัด 2 ระบบ คือ

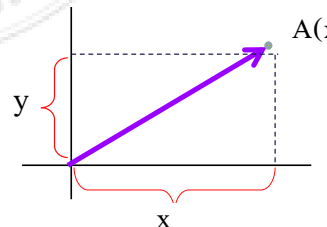
1. ระบบพิกัดเชิงขั้ว
2. ระบบพิกัดฉากหรือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

ระบบพิกัดเชิงขั้ว บอกระยะทางจากจุดอ้างอิง(สัญลักษณ์ R) และบอกทิศทางเทียบกับแกนอ้างอิง สำหรับเวกเตอร์ 2 มิติ ทิศที่ทำกับแกนอ้างอิง $+x$ ใช้สัญลักษณ์ θ เขียนสัญลักษณ์ของเวกเตอร์ 2 มิติ เป็น (R, θ) เช่น ความเร็ว 12 เมตรต่อวินาทีไปทางทิศเหนือ เขียนสัญลักษณ์ของเวกเตอร์ด้วย $v(12\text{m/s}, 90^\circ)$ สำหรับเวกเตอร์ 3 มิติ ทิศที่ทำกับแกน z ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย θ และทิศที่เทียบกับมุมระหว่างแกน $+x$ กับเส้นที่ได้จากการโปรเจกเวกเตอร์ลงมาบนระนาบ xy ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย ϕ จึงเขียนสัญลักษณ์ของเวกเตอร์ 3 มิติ เป็น (R, θ, ϕ)

ระบบพิกัดฉากหรือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน บอกระยะในแนวแกน x, y และ z แต่ละแกนตามลำดับ พร้อมบอกทิศทาง ซึ่งการบอกทิศจะบอกด้วยเครื่องหมายบวก (+) และลบ (-) ตามทิศของแกน เขียนสัญลักษณ์เวกเตอร์ 2 มิติเป็น (x, y) และเขียนสัญลักษณ์เวกเตอร์ 3 มิติเป็น (x, y, z) เช่น เคลื่อนที่ไปทิศเหนือ 5 เมตร และทิศตะวันตก 8 เมตร เขียนสัญลักษณ์แทนด้วย $d(-8\text{ m}, 5\text{ m})$



ก. ระบบพิกัดเชิงขั้ว



ข. ระบบพิกัดฉากหรือระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

รูปที่ 11 ลูกศรแทนเวกเตอร์ 2 มิติ

ตัวอย่างที่ 1 จงเขียนเวกเตอร์การกระจัด $\vec{A}(8\text{km}, 60^\circ)$

วิธีทำ ลากลูกศรแทนเวกเตอร์ ดังนี้

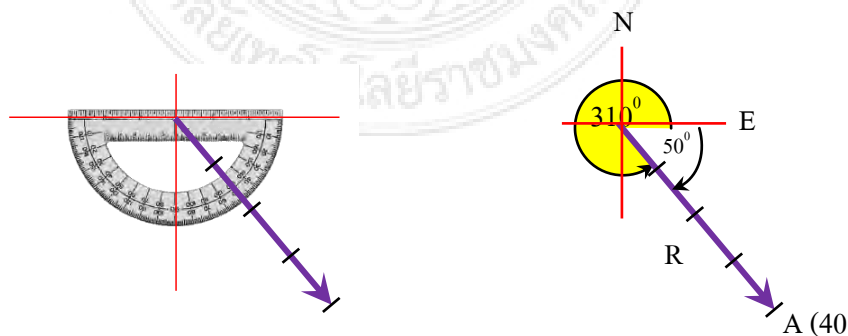
1. ใช้เครื่องมือวัดมุม โดยใช้จุด O ซึ่งเป็นตัดแกน x กับแกน y เป็นศูนย์กลางแล้ววัดมุมจากแกน +x ทิศทวนเข็มนาฬิกาเป็นมุม 60° ตามที่โจทย์กำหนด
2. กำหนดความยาวลูกศร ถ้ากำหนดอัตราส่วน 1cm : 2 km จะได้ลูกศรยาว 4.00 cm ซึ่งได้จาก $8\text{km} = 8\text{km} \times \frac{1\text{cm}}{2\text{km}} = 4.00\text{cm}$
3. ลากเส้นให้หางลูกศรเริ่มจากจุด O ผ่านตำแหน่งมุม 60° ยาว 4.00 cm



ตัวอย่างที่ 2 จงเขียนเวกเตอร์การกระจัด 40 m ทิศทำมุม 50° กับทิศตะวันออกเฉียงใต้

วิธีทำ ลากลูกศรแทนเวกเตอร์ ดังนี้

1. ใช้จุด O ซึ่งเป็นตัดแกน เป็นศูนย์กลางของการวัด แล้ววัดมุมจากแกน +x ทิศทวนเข็มนาฬิกาเป็นมุม 310° ซึ่งได้จาก $360^\circ - 50^\circ$, หรือมุม 310° นี้คือมุม -50° กับแกน +x
2. กำหนดความยาวลูกศร ถ้าใช้มาตราส่วน 1 cm : 10 m จะแทนการกระจัด 40 m ด้วยความยาว 4.00 cm ซึ่งได้จาก $40\text{m} = 40\text{m} \times \frac{1\text{cm}}{10\text{m}} = 4.00\text{cm}$
3. ลากเส้นให้หางลูกศรเริ่มจากจุด O ผ่านตำแหน่งมุม 310° หรือมุม 50° ใต้แกน +x ยาว 4.00 cm

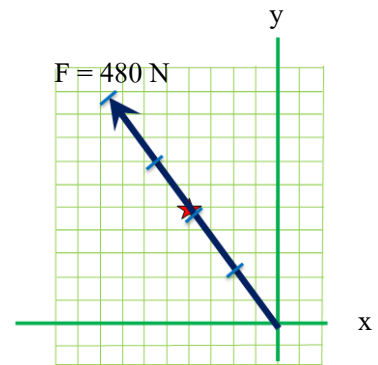


$\vec{A} (40 \text{ m}, 310^\circ)$ หรือ $\vec{A} (40 \text{ m}, -50^\circ)$

ตัวอย่างที่ 3 จงเขียนเวกเตอร์ของแรง 480 นิวตัน ที่มีความชัน 5/-4

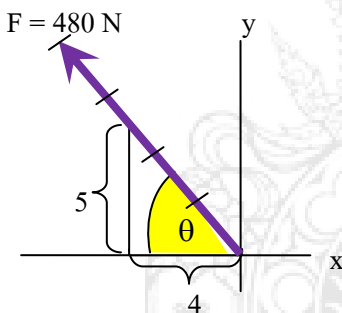
วิธีทำ เป็นการบอกในระบบพิกัดฉาก

1. ความชันของกราฟเส้นตรงเป็นอัตราส่วนระหว่างค่า Δy หารด้วย Δx ดังนั้น ความชัน $\frac{5}{-4}$ หมายความว่า มีขนาด 5 หน่วย แกน +y และมีขนาด 4 หน่วย แกน -x
เวกเตอร์นี้จะอยู่ในควอดแดรนต์ที่ 2



2. คำนวณความยาวลูกศร จากการกำหนดอัตราส่วน ในที่นี้ใช้อัตราส่วนความยาว **1 cm : 120 N** จะได้ความยาวลูกศร มีขนาดดังนี้ $480\text{ N} = 480\text{ N} \left(\frac{1\text{ cm}}{120\text{ N}} \right) = 4.00\text{ cm}$
3. ลากหางลูกศรจากจุดกำเนิด(จุดตัดแกน) ผ่านตำแหน่งที่มีความชันตามที่กำหนด ยาว 4.00 cm

หมายเหตุ การทำโจทย์ข้อนี้สามารถกระทำได้อีกวิธีหนึ่งคือหาขนาดของมุม จากความชันของเส้นที่กำหนดให้ การหาค่ามุมหาได้จากฟังก์ชันตรีโกณมิติ



$$\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{5}{4} = 1.25 \quad , \quad \theta = \arctan 1.25$$

$$\text{การเขียนรูปทั่วไปใช้เป็น } \theta = \tan^{-1} 1.25 = 51.3^\circ$$

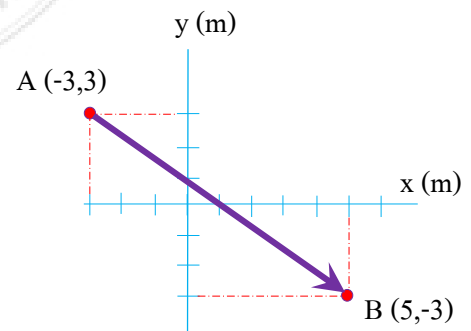
เนื่องจากแกน x มีเครื่องหมายเป็นลบ แสดงว่าทิศไปทางซ้าย และแกน y มีเครื่องหมายบวกแสดงว่าทิศขึ้น ทำให้เวกเตอร์นี้อยู่ในควอดแดรนต์ที่ 2

หลังจากได้ขนาดของมุมแล้วจึงลากเส้นลูกศรความยาว 4.00 cm ตามขนาดที่คำนวณไว้

ตัวอย่างที่ 4 จงเขียนเวกเตอร์ซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่จุด A(-3,3) และจุดปลายที่จุด B(5, -3) ในหน่วยเมตร

วิธีทำ

1. ระบบพิกัดฉากมีคู่อันดับเป็น (x, y) ดังนั้น ตำแหน่ง A(-3,3) เมตร คือ 3 m แกน -x และ 3 m แกน +y และ B (5, -3) เมตร คือ 5 m แกน +x และ 3 m แกน -y
2. กำหนดมาตราส่วนที่ใช้ คือ 1 ช่อง : 1 m. ลงตำแหน่งจุด A และจุด B
3. ลากหางลูกศรจากจุดเริ่มต้นที่จุด A ไปสิ้นสุดที่จุด B

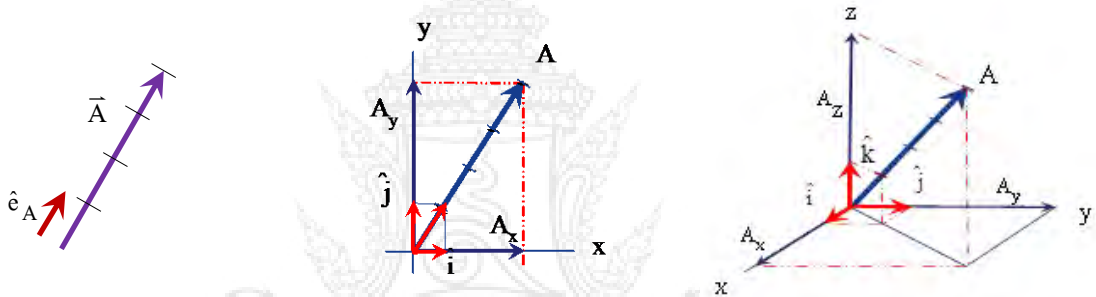


2. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (Unit Vector)

เวกเตอร์หนึ่งหน่วย หมายถึงเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับหนึ่ง (ไม่มีหน่วย) ได้จากการหารเวกเตอร์ด้วยขนาดของเวกเตอร์นั้น ผลลัพธ์จากการหารจึงเป็น 1 และมีทิศเดียวกับเวกเตอร์นั้น สัญลักษณ์แทนเวกเตอร์หนึ่งหน่วยโดยทั่วไปใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กที่มีเครื่องหมาย “^” กำกับเหนือตัวอักษร

$$\hat{e}_A = \frac{\vec{A}}{A}, \quad \hat{e}_A \text{ มีขนาดเท่ากับหนึ่ง และทิศเดียวกับทิศของ } \vec{A}$$

เพื่อเป็นการบอกทิศทางของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในแนวแกน x, y, และ z ให้แน่นอน ได้กำหนดทิศในแนวแกน x, y, และ z แทนด้วย \hat{i} , \hat{j} และ \hat{k} ตามลำดับ เวกเตอร์ที่เขียนในรูปของเวกเตอร์หนึ่งหน่วย เรียกว่า เวกเตอร์คาร์ทีเซียน (Cartesian vector)



รูปที่ 12 เวกเตอร์ \vec{A} และเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ \vec{A} ในระบบพิกัดฉาก

เช่น เวกเตอร์ \vec{A} ในรูปเวกเตอร์หนึ่งหน่วย จะได้ $\vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}$

$$\text{จากสมการ } \hat{e}_A = \frac{\vec{A}}{A} = \frac{A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}}{A} = \cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k}$$

$$\text{ได้ } \vec{A} = A \hat{e}_A = A(\cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k})$$

3. องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก

องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก หมายถึงเวกเตอร์ย่อยที่ได้จากการแยกเวกเตอร์เข้าหาแกนอ้างอิงฉาก

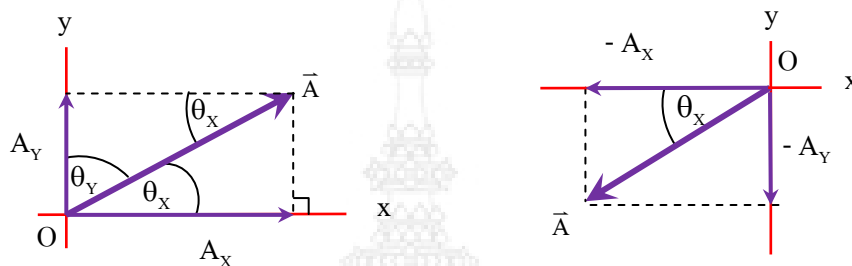
องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก แบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ
2. องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ เขียนในรูปสมการได้ว่า

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y \quad \text{หรือ} \quad \vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j}$$

โดยที่ A_x และ A_y เป็นองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ ขนาดเวกเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละแกนหาได้ 2 วิธี คือการสร้างรูปและการคำนวณ การสร้างรูปเพื่อหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ สร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า องค์ประกอบของเวกเตอร์จะเป็นด้านประกอบของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 13 องค์ประกอบของเวกเตอร์ระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

เวกเตอร์เป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก จึงให้ทิศทางตามแนวแกนเพื่อการระบุทิศทางของเวกเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบ

การคำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก คำนวณโดยใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ถ้าให้ θ_x เป็นมุมที่เวกเตอร์ทำกับแกน x และให้ θ_y เป็นมุมที่เวกเตอร์ทำกับแกน y จากรูปที่ 14

$$\cos \theta_x = \frac{A_x}{A} \quad \text{จึงได้} \quad A_x = A \cos \theta_x \quad \text{และ} \quad \sin \theta_x = \frac{A_y}{A} \quad \text{จึงได้} \quad A_y = A \sin \theta_x$$

$$\text{หรือ} \quad \cos \theta_y = \frac{A_y}{A} \quad \text{จึงได้} \quad A_y = A \cos \theta_y \quad \text{และ} \quad \sin \theta_y = \frac{A_x}{A} \quad \text{จึงได้} \quad A_x = A \sin \theta_y$$

การบอกทิศทางของเวกเตอร์โดยทั่วไปกำหนดเป็นมุม θ ซึ่งเป็นมุมชิดแกน +x วัดทวนเข็มนาฬิกาไปถึงเส้นเวกเตอร์ จึงใช้สมการคำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกนอ้างอิงฉาก

$$A_x = A \cos \theta \quad \text{และ} \quad A_y = A \sin \theta$$

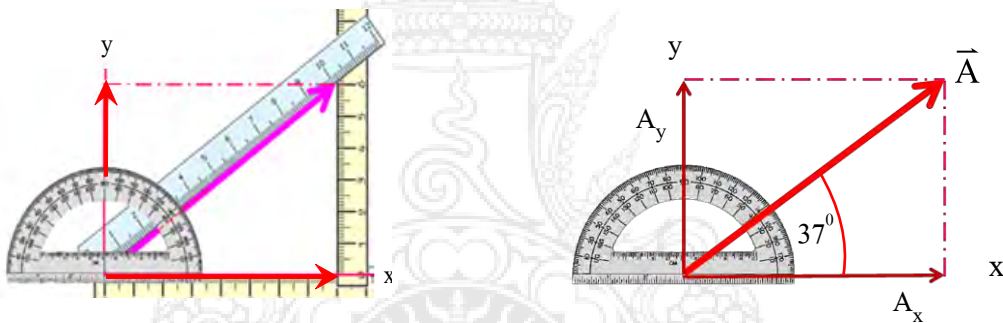
ข้อสังเกต การคำนวณหาถ้ารู้มุมชิดแกนใด หาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกนนั้น ให้คูณเวกเตอร์ด้วยค่า \cos ของมุมที่ชิดแกนนั้น และคิดเครื่องหมายบวกหรือลบตามแกน ก็ได้

ตัวอย่างที่ 6 จงหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในระบบพิกัดฉาก เมื่อ \vec{A} มีขนาด 100 เมตร ทิศทางทำมุม 37° โดยวิธีการสร้างรูป และการคำนวณ

วิธีทำ การสร้างรูป $\vec{A}(R,\theta)$

1. ความยาวลูกศร ใช้ $1 \text{ cm} : 10 \text{ m}$ จะให้ความยาวลูกศร $= 100\text{m} \left(\frac{1\text{cm}}{10\text{m}} \right) = 10.00 \text{ cm}$
2. ใช้อุปกรณ์วัดมุม 37° จากแกน +x ในทิศทวนเข็มนาฬิกา ทำเครื่องหมายไว้
3. ใช้ไม้บรรทัดวัดความยาว 10.00 cm จากจุดตัดแกน ผ่านตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายข้อ 2.
4. วัดความยาวองค์ประกอบของเวกเตอร์ ในแนวแกน x และแกน y คือ R_x และ R_y ได้
 $R_x = 8.00 \text{ cm}$ และ $R_y = 6.00 \text{ cm}$
5. ใช้อัตราส่วนย้อนกลับ $10 \text{ m} : 1 \text{ cm}$ ในการหาขนาดองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ดังนี้

$$A_x = 8.00 \text{ cm} \left(\frac{10\text{m}}{1\text{cm}} \right) = 80.00 \text{ m} \text{ และ } A_y = 6.00 \text{ cm} \left(\frac{10\text{m}}{1\text{cm}} \right) = 60.00 \text{ m}$$



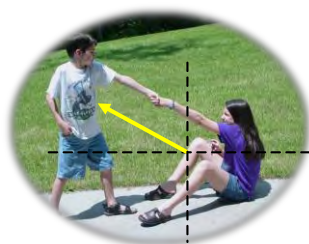
การคำนวณ คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบ พิกัดฉาก ใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ดังนี้

$$A_x = A \cos \theta_x = (100\text{m}) \cos 37^\circ = 79.86 \text{ m} \cong 80 \text{ m}$$

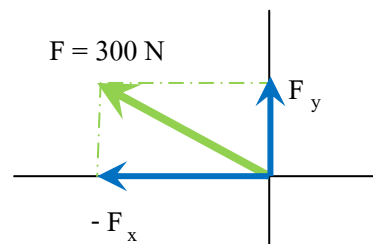
$$A_y = A \sin \theta_y = (100\text{m}) \sin 37^\circ = 60.18 \text{ m} \cong 60 \text{ m}$$

จาก $\vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j}$ จะได้ $\vec{A} = (80\hat{i} + 60\hat{j})\text{m}$ หรือ $\vec{A}(80\text{m}, 60\text{m})$

ตัวอย่างที่ 7 เด็กชายออกแรง 300 นิวตัน เด็กผู้หญิงให้ลูกขึ้นทิศทำมุม 30° กับพื้นดินดังรูป จงหาแรงประกอบในระบบพิกัดฉาก



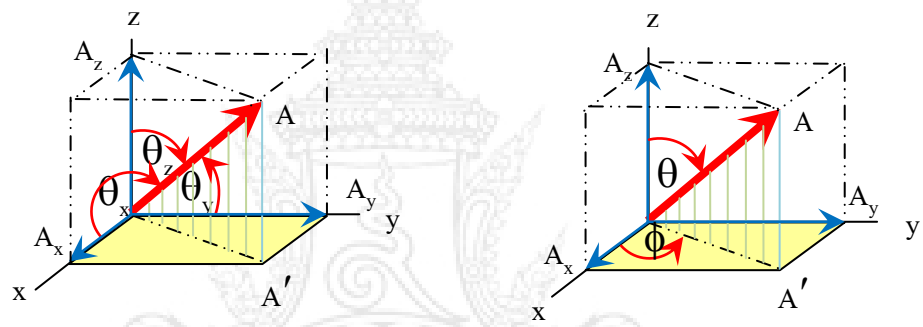
(ภาพจาก www.google.co.th/)



วิธีทำ $F_x = F \cos \theta_x = -(300 \text{ N}) \cos 30^\circ = -259.8 \text{ N}$
 $F_y = F \sin \theta_y = (300 \text{ N}) \sin 30^\circ = 150.0 \text{ N}$
 $\vec{F} = (-259.8\hat{i} + 150\hat{j}) \text{ N}$ หรือ $\vec{F}(-259.8 \text{ N}, 150 \text{ N})$

องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ การหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ 3 มิติ ไม่สามารถทำได้ด้วยการสร้างรูปแล้ววัดเนื่องจากหน้ากระดาษมีเพียง 2 มิติเท่านั้น ดังนั้นจะหาขนาดโดยใช้วิธีการคำนวณ จากฟังก์ชันตรีโกณมิติ โดยที่ A_x , A_y และ A_z เป็นองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในแนวแกน x , y และ z ตามลำดับ เขียนในรูปสมการได้ว่า

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y + \vec{A}_z \text{ หรือ } \vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}$$



รูปที่ 14 องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

ในกรณีที่ทราบค่ามุมที่เวกเตอร์กระทำกับแนวแกนอ้างอิงขนาด จำนวนดังนี้ จากเวกเตอร์หนึ่งหน่วย $\vec{A} = A \hat{e}_A = A(\cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k})$

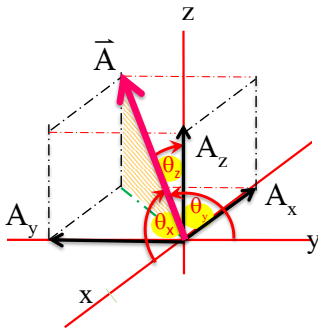
จากมุมที่เวกเตอร์กระทำกับแกนอ้างอิง

$$\left\{ \begin{aligned} A_x &= A \cos \theta_x \\ A_y &= A \cos \theta_y \\ A_z &= A \cos \theta_z \end{aligned} \right.$$

จากมุมในระบบพิกัดเชิงขั้ว

$$\left\{ \begin{aligned} A_x &= A' \cos \phi = A \sin \theta \cos \phi \\ A_y &= A' \sin \phi = A \sin \theta \sin \phi \\ A_z &= A \cos \theta \end{aligned} \right.$$

ตัวอย่างที่ 8 จงหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ เมื่อ $|\vec{A}| = 20 \text{ m}$ ทิศทางทำมุม $\theta_x = 120^\circ$, $\theta_y = 135^\circ$ และ $\theta_z = 60^\circ$



วิธีทำ

$$A_x = A \cos \theta_x = (20\text{m})(\cos 120^\circ) = -10.00 \text{ m}$$

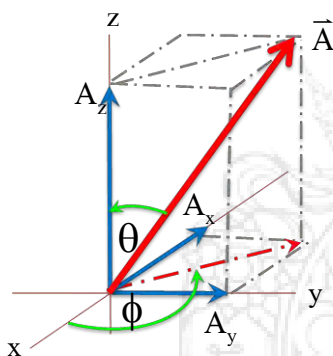
$$A_y = A \cos \theta_y = (20\text{m})(\cos 135^\circ) = -14.14 \text{ m}$$

$$A_z = A \cos \theta_z = (20\text{m})(\cos 60^\circ) = 10.00 \text{ m}$$

จะได้ $\vec{A} = (-10\hat{i} - 14.14\hat{j} + 10\hat{k})\text{m}$

หรือ $\vec{A} = (-10\text{m}, -14.14\text{m} + 10\text{m})$

ตัวอย่างที่ 9 จงหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ เมื่อ $|\vec{A}| = 20 \text{ m}$ ทิศทางทำมุม $\theta_z = 30^\circ$ และ $\phi = 135^\circ$



วิธีทำ

$$A_x = A \sin \theta \cos \phi$$

$$A_x = (20\text{m})(\sin 30^\circ)(\cos 120^\circ) = -5.00 \text{ m}$$

$$A_y = A \sin \theta \sin \phi$$

$$A_y = (20\text{m})(\sin 30^\circ)(\sin 120^\circ) = 8.66 \text{ m}$$

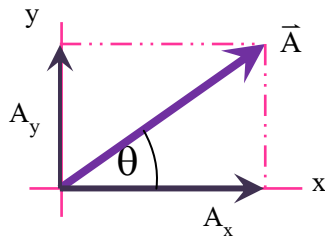
$$A_z = A \cos \theta = (20\text{m})(\cos 30^\circ) = 17.32 \text{ m}$$

จะได้ $\vec{A} = (-5\hat{i} + 8.66\hat{j} + 17.32\hat{k})\text{m}$ หรือ $A = (-5\text{m}, 8.66\text{m} + 17.32\text{m})$

4. ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์

ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ เมื่อรู้เวกเตอร์องค์ประกอบของเวกเตอร์ใดๆ ในระบบพิกัดฉากสามารถหาขนาดและทิศของเวกเตอร์ได้จากการสร้างรูป และการคำนวณ แต่การสร้างรูปใช้ได้กับเวกเตอร์ 2 มิติ เท่านั้น

การคำนวณหาขนาด และทิศทางของเวกเตอร์ 2 มิติ ใช้ทฤษฎีบทของพิทาโกรัสและใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ดังนี้

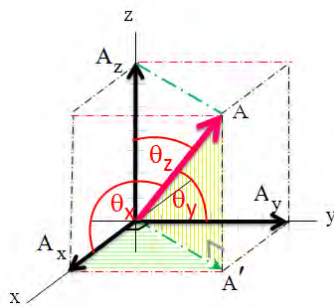


$$A^2 = A_x^2 + A_y^2$$

$$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}, \quad \theta = \tan^{-1} \frac{A_y}{A_x}$$

รูปที่ 15 ขนาดและทิศของเวกเตอร์ \vec{A} ใน 2 มิติ

การคำนวณหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ 3 มิติ ใช้ทฤษฎีบทของพีทาโกรัสและฟังก์ชันตรีโกณมิติ ดังนี้



$$A^2 = (A_z)^2 + A'^2 = (A_z)^2 + [(A_x)^2 + (A_y)^2]$$

$$A^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$$

จากเวกเตอร์หนึ่งหน่วย

$$\hat{e}_A = \cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k}$$

จึงได้

$$|\hat{e}|^2 = \cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z = 1$$

รูปที่ 17 ขนาดและทิศของเวกเตอร์ \vec{A} ใน 3 มิติ

และคำนวณทิศทางจากมุมดังนี้ $\theta_x = \cos^{-1} \frac{A_x}{A}$, $\theta_y = \cos^{-1} \frac{A_y}{A}$ และ $\theta_z = \cos^{-1} \frac{A_z}{A}$

ตัวอย่างที่ 10 ถ้าเวกเตอร์หนึ่งหน่วยเป็น $\hat{e}_A = 0.34\hat{i} + 0.94\hat{j}$ โดยที่ขนาดของ \vec{A} เท่ากับ 120 m จงหามุมที่ \vec{A} ทำกับแกน x และแกน y และหาค่าประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก

วิธีทำ $\hat{e}_A = \cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k}$ จึงได้

$$\cos \theta_x = 0.34 \quad \text{ดังนั้น} \quad \theta_x = \cos^{-1} 0.34 = 70^\circ$$

และได้ $\cos \theta_y = 0.94$ ดังนั้น $\theta_y = \cos^{-1} 0.94 = 20^\circ$

หรือ หาค่ามุม θ_y จากสมการ $90^\circ - \theta_x = 90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$ เนื่องจากแกน x และแกน y ตั้งฉากกัน

$$\vec{A} = A \hat{e}_A = A(\cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k})$$

$$\vec{A} = A \hat{e}_A = (120\text{m})(0.34\hat{i} + 0.94\hat{j} + 0\hat{k}) = (40.8\hat{i} + 112.8\hat{j})\text{m}$$

ตัวอย่างที่ 11 เวกเตอร์มีจุดเริ่มต้นที่จุด A (-3 m, 3m) และจุดปลายที่จุด B (5 m, -3 m) จงหาขนาดและทิศของเวกเตอร์ \overline{AB}

วิธีทำ $\overline{AB} = [5 - (-3)]\mathbf{i} + [-3 - 3]\mathbf{j} = 8\mathbf{i} - 6\mathbf{j}$

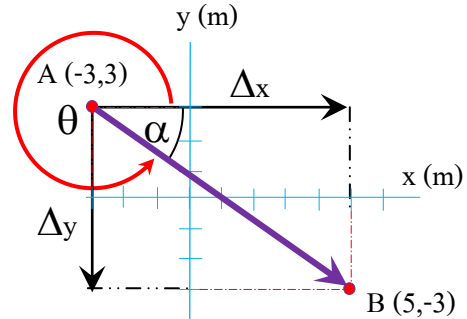
$$|\overline{AB}|^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$$

$$|\overline{AB}| = \sqrt{(8\text{m})^2 + (-6\text{m})^2} = 10 \text{ m}$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{-6\text{m}}{8\text{m}} = \frac{-3}{4}, \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{3}{4} = -53^\circ$$

$$\theta = 360^\circ - 53^\circ = 307^\circ$$

จะได้ $\overline{AB} = (10\text{m}, 307^\circ)$



ตัวอย่างที่ 12 เมื่อ $|\vec{A}| = 20 \text{ m}$ ทิศทางทำมุม $\theta_x = 240^\circ$ และมุม $\theta_y = 135^\circ$ จงหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในระบบพิกัดฉาก

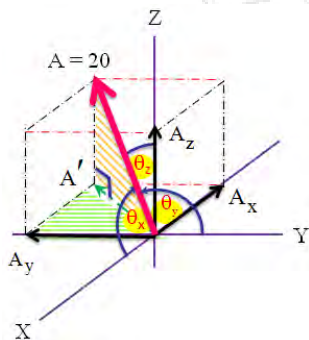
วิธีทำ หามุมที่ \vec{A} ทำกับแกน Z ซึ่งก็คือมุม θ_z ดังนี้

จากสมการ $\cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z = 1$

$$\cos \theta_z = \sqrt{1 - \cos^2 \theta_x - \cos^2 \theta_y} = \sqrt{1 - \cos^2 240^\circ - \cos^2 135^\circ} = \pm 0.500$$

จากรูป $\theta_z = \cos^{-1} 0.500 = 60^\circ$

เวกเตอร์องค์ประกอบใน 3 มิติ ไม่สามารถใช้ในการสร้างรูปเพื่อหาขนาดของเวกเตอร์องค์ประกอบได้โดยตรง



การคำนวณหาขนาดองค์ประกอบของเวกเตอร์ ใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ ดังนี้

$$A_x = A \cos \theta_x = (20\text{m}) \cos 240^\circ = -10.0 \text{ m}$$

$$A_y = A \cos \theta_y = (20\text{m}) \cos 135^\circ = -14.14 \text{ m}$$

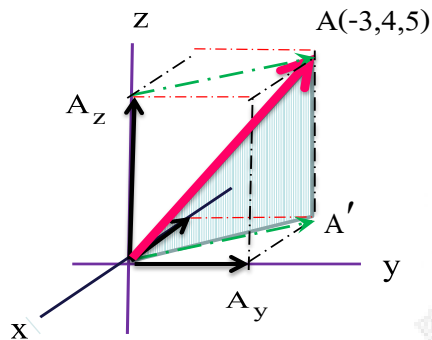
$$A_z = A \cos \theta_z = (20\text{m}) \cos 60^\circ = 10 \text{ m}$$

$$\vec{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$$

$$\vec{A} = (-10\mathbf{i} - 14.14\mathbf{j} + 10\mathbf{k})\text{m}$$

ตัวอย่างที่ 13 เวกเตอร์ \vec{A} มีองค์ประกอบในระบบพิกัดฉาก เป็น $A(-3 \text{ m}, 4 \text{ m}, 5 \text{ m})$ จงหาขนาดของ \vec{A} และมุมที่ \vec{A} ทำกับแกนอ้างอิงฉาก

วิธีทำ $A(-3 \text{ m}, 4 \text{ m}, 5 \text{ m})$ แสดงว่ามีองค์ประกอบแนวแกน $-x$ เป็น 3 m แนวแกน $+y$ เป็น 4 m และแนวแกน $+z$ เป็น 5 m ดังนั้น \vec{A} จะมีขนาดและทิศทางดังนี้



$$A^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$$

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

$$= \sqrt{(3\text{m})^2 + (4\text{m})^2 + (5\text{m})^2} = 7.07 \text{ m}$$

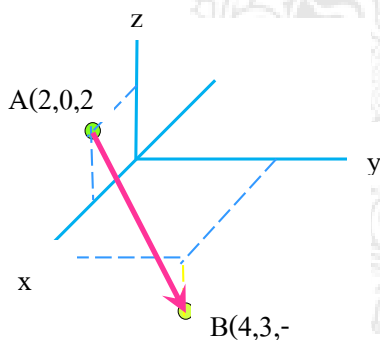
$$\hat{e}_A = \frac{\vec{A}}{A} = \frac{A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}}{A}$$

$$\hat{e}_A = \frac{(-3\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k})\text{m}}{7.07\text{m}}$$

$$= -0.424\hat{i} + 0.566\hat{j} + 0.707\hat{k}$$

$$\theta_x = \cos^{-1} -0.424 = 115^\circ, \quad \theta_y = \cos^{-1} 0.566 = 56^\circ \quad \text{และ} \quad \theta_z = \cos^{-1} 0.707 = 45^\circ$$

ตัวอย่างที่ 14 เมื่อแรง $F = 15$ นิวตัน และมีแนวแรงกระทำจากจุด A ไปจุด B ดังรูป จงหาองค์ประกอบของแรงและมุมที่แรงกระทำในระบบพิกัดฉาก



วิธีทำ

$$\hat{e} = \frac{\vec{r}}{r} = \frac{r_x \hat{i} + r_y \hat{j} + r_z \hat{k}}{r}$$

$$= \frac{(4-2)\hat{i} + (3-0)\hat{j} + (-2-2)\hat{k}}{\sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}}$$

$$= \frac{2\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}}{\sqrt{2^2 + 3^2 + (-4)^2}}$$

$$= \frac{2\hat{i} + 3\hat{j} - 4\hat{k}}{\sqrt{2^2 + 3^2 + (-4)^2}}$$

$$= 0.371\hat{i} + 0.557\hat{j} - 0.742\hat{k}$$

$$= 0.371\hat{i} + 0.557\hat{j} - 0.742\hat{k}$$

$$\vec{F} = F\hat{e} = 15(0.371\hat{i} + 0.557\hat{j} - 0.742\hat{k}) = (5.57\hat{i} + 8.36\hat{j} - 11.13\hat{k})\text{N}$$

$$\theta_x = \cos^{-1} 0.371 = 68^\circ, \quad \theta_y = \cos^{-1} 0.577 = 56^\circ \quad \text{และ} \quad \theta_z = \cos^{-1} -0.742 = 138^\circ$$

สรุป เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก

เวกเตอร์หมายถึงปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทางจึงจะมีความสมบูรณ์ สัญลักษณ์แทนเวกเตอร์ใช้อักษรตัวพิมพ์หนาหรืออักษรตัวพิมพ์บางที่มีเครื่องหมายลูกศรกำกับเหนือตัวอักษร

เวกเตอร์ใดๆ เขียนแทนได้ด้วยลูกศร หางลูกศรอยู่ที่จุดเริ่มต้น และหัวลูกศรอยู่ที่จุดสุดท้าย ความยาวของส่วนเส้นตรงของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์ และทิศที่หัวลูกศรชี้คือทิศทางของเวกเตอร์ ขนาดของเวกเตอร์เช่น \vec{A} ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย A , A หรือ $|\vec{A}|$ ทิศทางของเวกเตอร์ นิยมใช้เทียบกับแกนอ้างอิงฉาก ทั้งระบบพิกัดเชิงขั้วและระบบพิกัดฉาก

เวกเตอร์หนึ่งหน่วย หมายถึงเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับหนึ่ง (ไม่มีหน่วย) ได้จากการหารเวกเตอร์ด้วยขนาดของเวกเตอร์นั้น เช่น $\hat{e}_A = \frac{\vec{A}}{A}$ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบแกนพิกัดฉากในแนวแกน x, y , และ z แทนด้วย \hat{i} , \hat{j} และ \hat{k} ตามลำดับ และเรียกเวกเตอร์ที่เขียนในรูปเวกเตอร์หนึ่งหน่วยว่า เวกเตอร์คาร์ทีเซียน เช่น $\vec{A} = 3\hat{i} + 5\hat{j} - 2\hat{k}$ หมายถึงมีขนาด 3 หน่วยแกน $+x$, 5 หน่วยแกน $+y$ และ 2 หน่วยแกน $-z$

องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก หมายถึงเวกเตอร์ย่อยที่ได้จากการแยกเวกเตอร์เข้าหาแกนอ้างอิงฉาก โดยที่ A_x, A_y และ A_z เป็นองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในแนวแกน x, y และ z ตามลำดับ เขียนในรูปสมการได้ว่า $\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y + \vec{A}_z$ หรือ $\vec{A} = A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k}$

การสร้างรูปเพื่อหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก ใช้กับเวกเตอร์ 2 มิติ โดยสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า องค์ประกอบของเวกเตอร์จะเป็นด้านประกอบของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$\text{การคำนวณเวกเตอร์ 2 มิติ} \quad A_x = A \cos \theta \quad \text{และ} \quad A_y = A \sin \theta$$

$$\text{การคำนวณเวกเตอร์ 3 มิติ} \quad A_x = A \cos \theta_x, \quad A_y = A \cos \theta_y, \quad A_z = A \cos \theta_z$$

$$\text{หรือ} \quad A_x = A \sin \theta \cos \phi, \quad A_y = A \sin \theta \sin \phi \quad \text{และ} \quad A_z = A \cos \theta_z$$

ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ สามารถหาขนาดและทิศของเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$A^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2$$

$$\vec{A} = A\hat{e}_A = A(\cos \theta_x \hat{i} + \cos \theta_y \hat{j} + \cos \theta_z \hat{k})$$

$$\text{เวกเตอร์ 2 มิติ} \quad \text{เมื่อ } \theta = \text{มุมที่กระทำกับแกน } x \text{ จะได้ } \theta = \tan^{-1} \frac{A_y}{A_x}$$

$$\text{เวกเตอร์ 3 มิติ} \quad \text{จะได้ } |\hat{e}|^2 = \cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z = 1$$

$$\theta_x = \cos^{-1} \frac{A_x}{A}, \quad \theta_y = \cos^{-1} \frac{A_y}{A} \quad \text{และ} \quad \theta_z = \cos^{-1} \frac{A_z}{A}$$

เอกสารอ้างอิง

บูรฉัตร ฉัตรวีระ และวิศิษฐ์ เดชพันธ์ (2541) กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตศาสตร์ แปลและเรียบเรียงจาก Engineering Mechanics Statics โดย R.C. Hibber 1995 บริษัท ไชมอน แอนด์ ซุสเตอร์ อินโดไชน่า จำกัด Simon & Schuster Indochina Ltd. , 593 หน้า จำหน่ายโดยศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์ศักดิ์ ชินาบุญ และ วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ (2549). ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย เล่ม 1 บริษัท วิทยพัฒน์ จำกัด กรุงเทพฯ , 536 หน้า.

Hugh D. Young and Roger A Fredman (2004) **University Physics with Modern Physics**
Paul E. Tippens (2007) **Physics** McGRAW – Hill International edition , seventh edition
782 page.

John D. Cutnell and Kenneth W. Johnson **Physics** Willey International Edition fifth edition 1002 page.

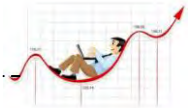
Serway (2000) . **Physics for Scientists and Engineers** 6th Edition Thomson Brooks/Cole
1283 page .

<http://www.physicsclassroom.com/Class/vectors/Ufi311f.cfm>

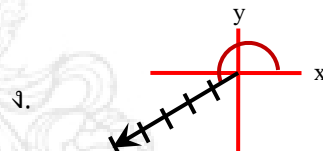
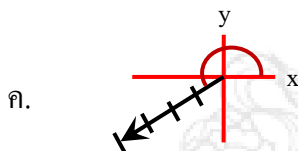
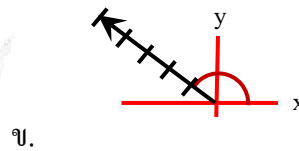
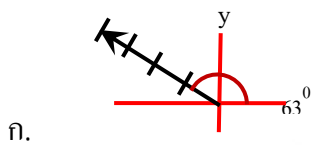
แบบฝึกหัด ปริมาณเวกเตอร์ (เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์)

คำชี้แจง

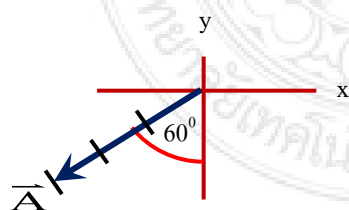
1. แบบฝึกหัด มีจำนวน 20 ข้อ เลือกคำตอบโดยการกดปุ่มที่ตัวเลือกที่ต้องการในแต่ละข้อ
2. คำตอบที่ถูกต้องจะทำข้อต่อไป ถ้าตอบผิดให้กดเครื่องหมาย X จะกลับมาที่คำถามเดิม



1. ลูกศรข้อใดชี้แทนเวกเตอร์ขนาด 20 เมตร ทิศทำมุม 240° เมื่อใช้มาตราส่วน 1 ช่องเท่ากับ 5 เมตร

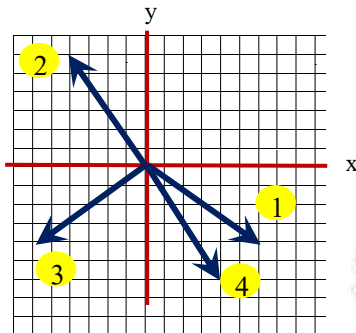


2. ลูกศรแทนเวกเตอร์ ดังรูป ใช้มาตราส่วน 1 ช่องเท่ากับ 20 เซนติเมตร ข้อใดเขียนพิกัดเชิงขั้วของ \vec{A} ได้ถูกต้อง



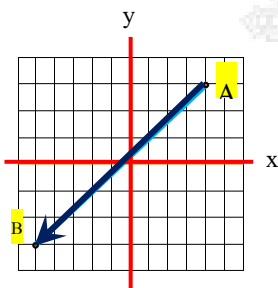
- ก. (3 cm , 30°)
- ข. (3 cm , 210°)
- ค. (60 cm , 30°)
- ง. (60 cm , 210°)

3. ลูกศรแทนเวกเตอร์เส้นใด แสดงเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก $(4\text{ m}, -6\text{ m})$ เมื่อใช้มาตราส่วน 1 ช่องของแกน x และ 1 ช่องของแกน y เท่ากับ 1 เมตร



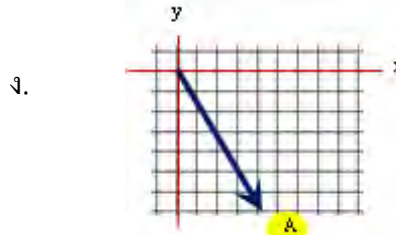
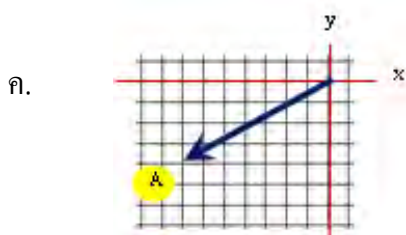
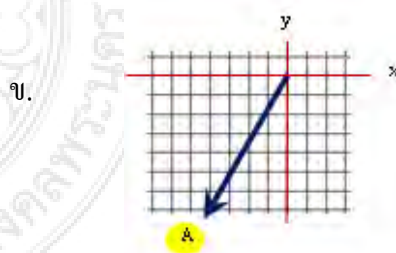
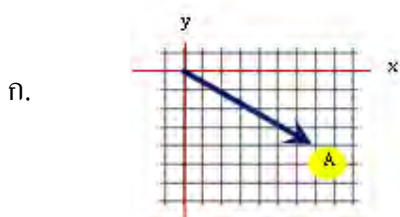
- ก. เส้นที่ 1
- ข. เส้นที่ 2
- ค. เส้นที่ 3
- ง. เส้นที่ 4

4. ตำแหน่งของจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของเส้นเวกเตอร์จากรูป คือข้อใดตามลำดับ เมื่อใช้มาตราส่วน 1 ช่องของแกน x และ 1 ช่องของแกน y เท่ากับ 2 เซนติเมตร

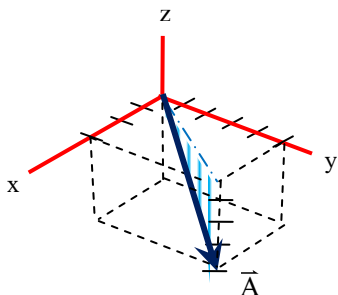


- ก. A (4 cm, 3 cm) , B (-5 cm, -3 cm)
- ข. B (-5 cm, -3 cm) , A (4 cm, 3 cm)
- ค. A (8 cm, 6 cm) , B (-10 cm, -6 cm)
- ง. B (-10 cm, -6 cm) , (8 cm, 6 cm)

5. ลูกศรแทน \vec{A} ข้อใดถูกต้อง เมื่อ $\vec{A} = 14\hat{i} - 8\hat{j}$ ในหน่วยเมตร เมื่อใช้มาตราส่วน 1 ช่องของแกน x และ y เท่ากับ 2 เมตร

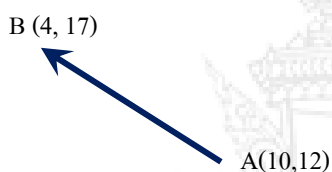


6. ลูกศรแทนเวกเตอร์ ดังรูป มีขนาด 1 ช่องของแกน x ,y และ z เท่ากับ 10 เมตร ข้อใดเขียน \vec{A} ในรูปเวกเตอร์หน่วยได้ถูกต้อง



- ก. $30\hat{i}-50\hat{j}+40\hat{k}$
- ข. $30\hat{i}+50\hat{j}-40\hat{k}$
- ค. $30\hat{i}-40\hat{j}-50\hat{k}$
- ง. $30\hat{i}+40\hat{j}-50\hat{k}$

7 จุด A และจุด B ในระบบแกนพิกัดฉากมีตำแหน่งเป็นดังรูป ข้อใดเขียนเวกเตอร์ \vec{AB} ในรูปเวกเตอร์หน่วยได้ถูกต้อง

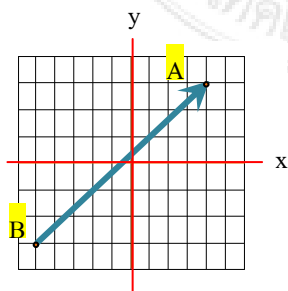


- ก. $-5\hat{i}-6\hat{j}$
- ข. $-6\hat{i}+5\hat{j}$
- ค. $5\hat{i}-6\hat{j}$
- ง. $6\hat{i}-5\hat{j}$

8. ถ้า \hat{e}_A มีโคซายด์แสดงทิศเป็น $\cos\theta_x=0.766$, $\cos\theta_y=0.500$ และ $\cos\theta_z=0.407$ มุมที่เวกเตอร์กระทำกับแกน x ,y และ z มีขนาดกี่องศาตามลำดับ

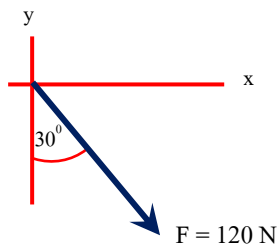
- ก. $(40^\circ, 60^\circ, 66^\circ)$
- ข. $(73^\circ, 50^\circ, 40.7^\circ)$
- ค. $(70^\circ, 45^\circ, 38^\circ)$
- ง. $(73^\circ, 50^\circ, 41^\circ)$

9. เวกเตอร์ดังรูป มีองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน x และแกน y ที่เมตรตามลำดับ เมื่อใช้มาตราส่วน 1 ช่องของแกน x และแกน y เท่ากับ 3 เมตร



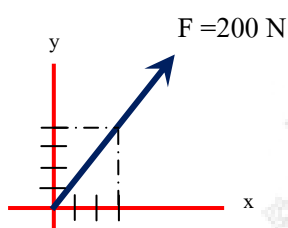
- ก. (6 m, 9 m)
- ข. (9 m, 6 m)
- ค. (18 m, 27 m)
- ง. (27 m, 18 m)

10. องค์ประกอบของแรง 120 นิวตัน ในระบบพิกัดฉาก (F_x, F_y) คือข้อใดตามลำดับ



- ก. (-60 N, 103.9 N)
- ข. (60 N, - 103.9 N)
- ค. (- 103.9 N, - 60 N)
- ง. (103.9 N, - 60 N)

11. องค์ประกอบของแรง 200 นิวตัน ในแนวแกน x และแกน y มีขนาดกี่นิวตันตามลำดับ

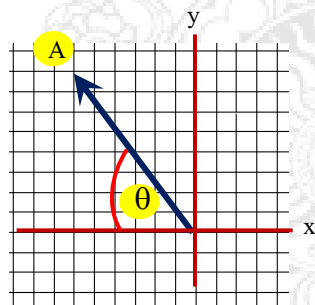


- ก. 120 N, 160 N
- ข. 160 N, 120 N
- ค. 150 N, 267 N
- ง. 267 N, 150 N

12. เมื่อ \vec{A} มีพิกัดเชิงขั้วเป็น $(5.0 \text{ m}, 120^\circ)$ จะม้องค์ประกอบในระบบพิกัดฉาก (x, y) คือข้อใด

- ก. (- 2.5 m, - 4.3 m)
- ข. (- 2.5 m, 4.3 m)
- ค. (- 4.3 m, - 2.5 m)
- ง. (- 4.3 m, 2.5 m)

13. จากรูป \vec{A} ทำมุม θ เท่ากับกี่องศากับแกน - x



- ก. 37°
- ข. 41°
- ค. 49°
- ง. 53°

14. เมื่อองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน x เป็น $\vec{A}_x = 17.5\hat{i}$ เมตรและเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ \vec{A} เท่ากับ $0.28\hat{i} + 0.96\hat{j}$ เมตร ขนาดของ \vec{A} เท่ากับกี่เมตร

- ก. 4.9 m
- ข. 16.8 m
- ค. 18.2 m
- ง. 62.5 m

15. ถ้าเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ \vec{A} คือ $0.82\hat{i} + 0.57\hat{j}$ แสดงว่ามุมที่ \vec{A} กระทำกับแกน x มีขนาดกี่องศา

- ก. 35°
- ข. 39°
- ค. 51°
- ง. 55°

16. เมื่อ \vec{A} ในระบบมีพิกัดฉากคือ A (4.2 m , 5.4 m) ในระบบพิกัดเชิงขั้ว (R, θ) คือข้อใด

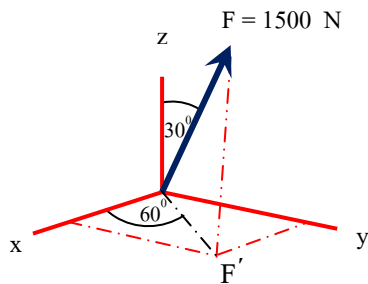
ก. (3.39 m , 38°)

ข. (3.39 m , 52°)

ค. (6.84 m , 38°)

ง. (6.84 m , 52°)

17. จากรูปองค์ประกอบ ของแรง \vec{F} ในแนวแกน x มีขนาดกี่นิวตัน



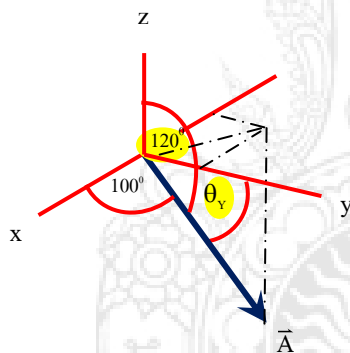
ก. 375 N

ข. 649.5 N

ค. 750 N

ง. 1299 N

18. ถ้า $|\vec{A}|$ เท่ากับ 60 เมตร และองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน y มีขนาด 46 เมตร มุม θ_y ที่ \vec{A} กระทบกับ y เท่ากับกี่องศา



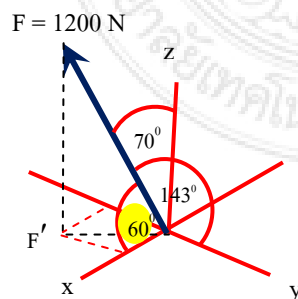
ก. 32°

ข. 40°

ค. 58°

ง. 77°

19. องค์ประกอบของแรง 1200 นิวตัน ในแนวแกน x ดังรูป มีขนาดกี่นิวตัน



ก. 143

ข. 410

ค. 600

ง. 958

20. ให้ $\vec{A} = 6\hat{i} + 3\hat{j} - 5\hat{k}$ จงหาขนาดของ \vec{A}

ก. 4

ข. 4.8

ค. 8.4

ง. 14

เฉลยแบบฝึกหัด ปริมาณเวกเตอร์ (เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์)

1.	ค.	6.	ข.	11.	ก.	16.	ง.
2.	ง.	7.	ข.	12.	ข.	17.	ง.
3.	ง.	8.	ก.	13.	ง.	18.	ก.
4.	ค.	9.	ง.	14.	ง.	19.	ค.
5.	ก.	10.	ข.	15.	ก.	20.	ข.





มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาหลักฟิสิกส์ (02-511-101)

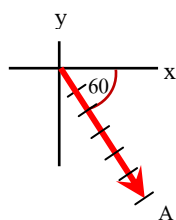
เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ เวลาสอบ 40 นาที

- คำชี้แจง 1. ข้อสอบฉบับนี้มี 4 หน้า จำนวน 20 ข้อ ให้ทำทุกข้อ โดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แล้วกาเครื่องหมาย \times ลงในช่อง \square ของตัวเลือก ก-ง แต่ละข้อ ลงในกระดาษคำตอบ
2. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณ
3. ห้ามเขียนข้อความใดๆ ลงในกระดาษคำถามและกระดาษคำตอบ ให้ทศเลขในกระดาษทดสอบที่แจกให้ 1 แผ่น

1. ลูกศรแทนเวกเตอร์ขนาด 100 เมตร ทิศทำมุม 150° ข้อใดถูกต้อง

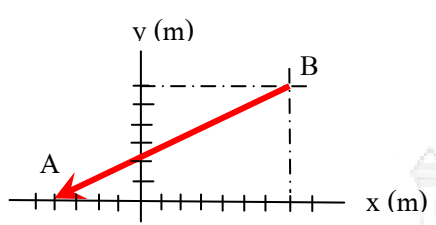
ก.		ข.	
	เมื่อ 1 ช่องเท่ากับ 20 เมตร		เมื่อ 1 ช่องเท่ากับ 20 เมตร
ค.		ง.	
	เมื่อ 1 ช่องเท่ากับ 25 เมตร		เมื่อ 1 ช่องเท่ากับ 25 เมตร

2. ลูกศรแทนเวกเตอร์ ดังรูป มีอัตราส่วน 1 ช่อง ต่อ 20 เซนติเมตรต่อวินาที ข้อใดเขียนพิกัดเชิงขั้วของ \vec{A} ถูกต้อง



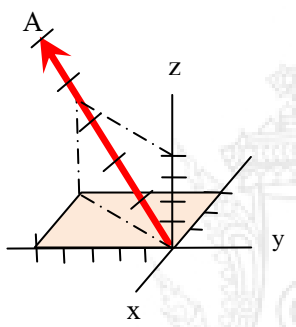
- ก. $A (6 \text{ cm/s} , 60^\circ)$
 ข. $A (120 \text{ cm/s} , 60^\circ)$
 ค. $A (6 \text{ cm/s} , 300^\circ)$
 ง. $A (120 \text{ cm/s} , 300^\circ)$

3. ลูกศรแทนเวกเตอร์ ดังรูป มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายที่ตำแหน่งใด เมื่อ 1 ช่องของแกน x และแกน y เท่ากับ 1 เมตร



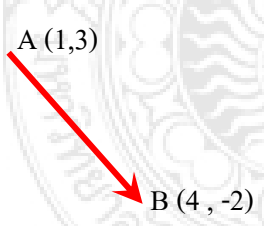
- ก. A (0 m , - 4 m) , B (6 m , 7 m)
- ข. A (- 4 m , 0 m) , B (7 m , 6 m)
- ค. B (6 m , 7 m) , A (-4 m , 0 m)
- ง. B (7 m , 6 m) , A (- 4 m , 0 m)

4. ลูกศรแทน \vec{A} ดังรูป มีอัตราส่วน 1 หน่วยของเส้นลูกศรเท่ากับ 5 เมตร ขนาดของ \vec{A} เท่ากับกี่เมตร และมีทิศในระบบพิกัดฉากคือเท่าไร



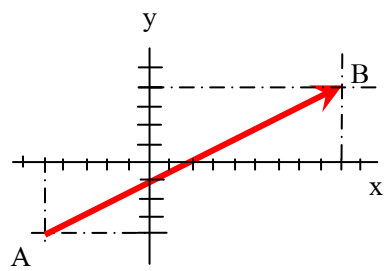
- ก. 7.07 m, (3, -5, 4)
- ข. 7.07 m, (-3, -5, 4)
- ค. 25 m, (-3, -5, 4)
- ง. 25 m, (3, -5, 4)

5. ปลาย A และปลาย B อยู่ที่ตำแหน่งดังรูป ในหน่วยเมตร ข้อใด เขียน \vec{AB} ในรูปเวกเตอร์ หนึ่งหน่วยได้ถูกต้อง



- ก. $(3\hat{i} - \hat{j})$ m
- ข. $(3\hat{i} - 5\hat{j})$ m
- ค. $(-3\hat{i} + \hat{j})$ m
- ง. $(-3\hat{i} + 5\hat{j})$ m

6. เมื่อขนาด 1 ช่องของแกน x และแกน y เท่ากับ 5 เมตร รูปข้อใดเขียน \vec{AB} ในรูปเวกเตอร์ หนึ่งหน่วยได้ถูกต้อง



- ก. $(-40\hat{i} + 70\hat{j})$ m
- ข. $(40\hat{i} + 70\hat{j})$ m
- ค. $(-70\hat{i} - 40\hat{j})$ m
- ง. $(70\hat{i} + 40\hat{j})$ m

7. เมื่อ $|\vec{A}|$ เท่ากับ 210 m และ $\vec{A} = 126\hat{i} + 168\hat{j}$ ข้อใดเขียนเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ \vec{A} ได้ถูกต้อง

ก. $0.13\hat{i} + 0.17\hat{j}$

ข. $0.43\hat{i} + 0.57\hat{j}$

ค. $0.60\hat{i} + 0.80\hat{j}$

ง. $0.75\hat{i} + 0.60\hat{j}$

8. ถ้าเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ \vec{A} คือ $0.82\hat{i} + 0.57\hat{j}$ แสดงว่ามุม θ_x ที่ \vec{A} ทำกับแกน x มีขนาดกี่องศา

ก. 35°

ข. 39°

ค. 51°

ง. 55°

9. เมื่อ \vec{A} มีพิกัดเชิงขั้วเป็น $(80 \text{ m}, 60^\circ)$ จะมีพิกัดในระบบพิกัดฉาก (x, y) คือข้อใด เมื่อ

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2}, \quad \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{และ} \quad \tan 60^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

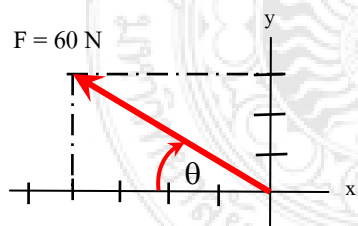
ก. $(40 \text{ m}, 40\sqrt{3} \text{ m})$

ข. $(40\sqrt{3} \text{ m}, 40 \text{ m})$

ค. $(-40 \text{ m}, 40\sqrt{3} \text{ m})$

ง. $(-40\sqrt{3} \text{ m}, 40 \text{ m})$

10. แรง F เท่ากับ 60 นิวตัน มีทิศในระบบพิกัดฉากดังรูป เวกเตอร์องค์ประกอบของแรงในแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ ในหน่วยนิวตัน คือข้อใด



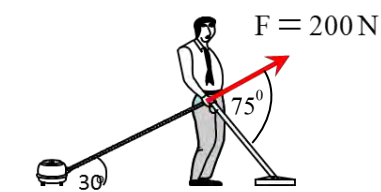
ก. $-36 \text{ N}, 48 \text{ N}$

ข. $-48 \text{ N}, 36 \text{ N}$

ค. $36 \text{ N}, 48 \text{ N}$

ง. $48 \text{ N}, 36 \text{ N}$

11. ออกแรง 200 นิวตัน ลากเครื่องดูดฝุ่นในทิศทำมุม 30° กับแนวระดับดังรูป องค์ประกอบของแรงในแนวแกน x มีขนาดกี่นิวตัน



ก. 51.76 N

ข. 100 N

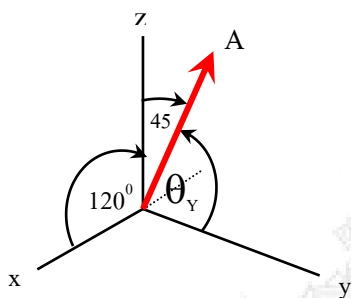
ค. 115.5 N

ง. 173.2 N

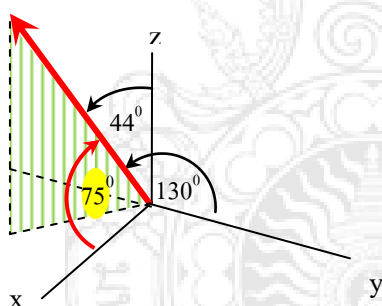
17. ถ้า $|\vec{A}|$ เท่ากับ 21 เมตร และองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในแนวแกน x มีขนาด 16 เมตร มุม θ_x ที่ \vec{A} กระทำกับ x เท่ากับกี่องศา

ก. 37° ข. 40° ค. 50° ง. 53°

18. เมื่อ \vec{A} มีทิศในระบบแกนพิกัดฉากดังรูป ขนาดของมุม θ_y ที่ \vec{A} กระทำกับแกน y เท่ากับกี่องศา

ก. 30° ข. 45° ค. 53° ง. 60°

19. องค์ประกอบของแรง 1200 นิวตัน ในแนวแกน x มีขนาดกี่นิวตัน

 $F = 1200 \text{ N}$ 

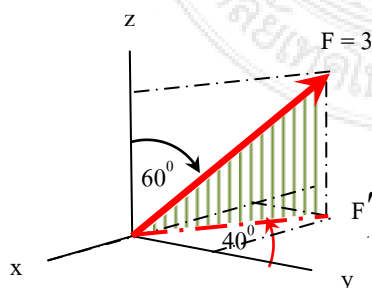
ก. 310.6 N

ข. 771.3 N

ค. 863.2 N

ง. 833.6 N

20. แรง F มีขนาด 300 นิวตัน องค์ประกอบของแรงในแนวแกน y มีขนาดกี่นิวตัน

 $F = 300 \text{ N}$

ก. 96.4 N

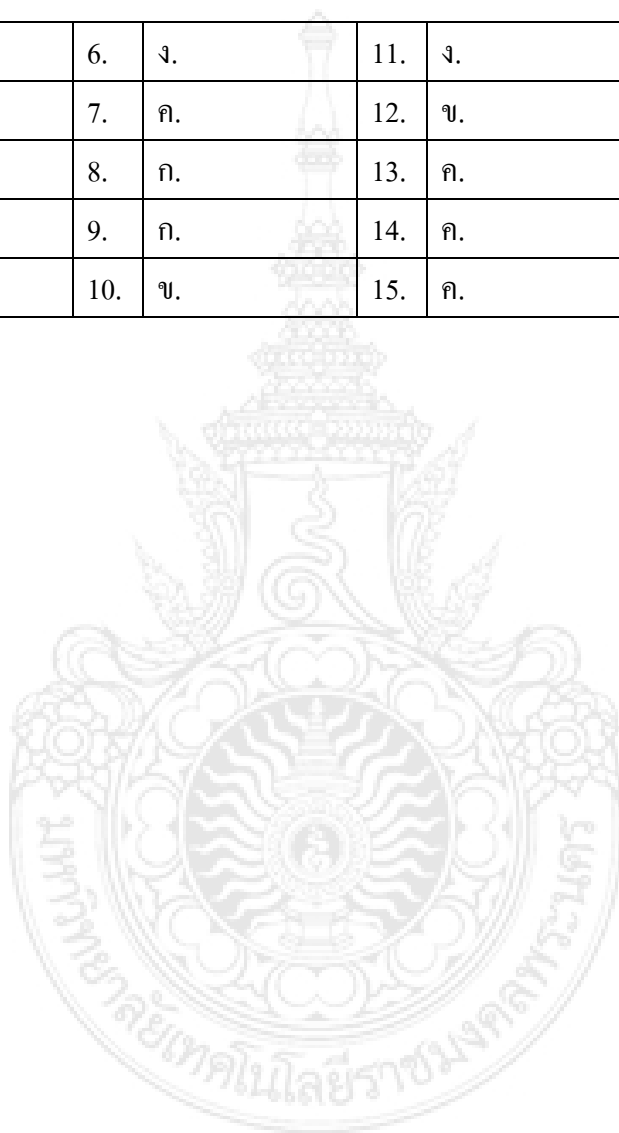
ข. 114.9 N

ค. 167 N

ง. 199 N

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ปริมาณเวกเตอร์ (เวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์)

1.	ก.	6.	ง.	11.	ง.	16.	ง.
2.	ง.	7.	ค.	12.	ข.	17.	ข.
3.	ง.	8.	ก.	13.	ค.	18.	ค.
4.	ค.	9.	ก.	14.	ค.	19.	ก.
5.	ข.	10.	ข.	15.	ค.	20.	ง.





สื่อการสอน

“ปริมาณเวกเตอร์”

จัดทำโดย

ผศ.สุริน ธีระชนกุล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

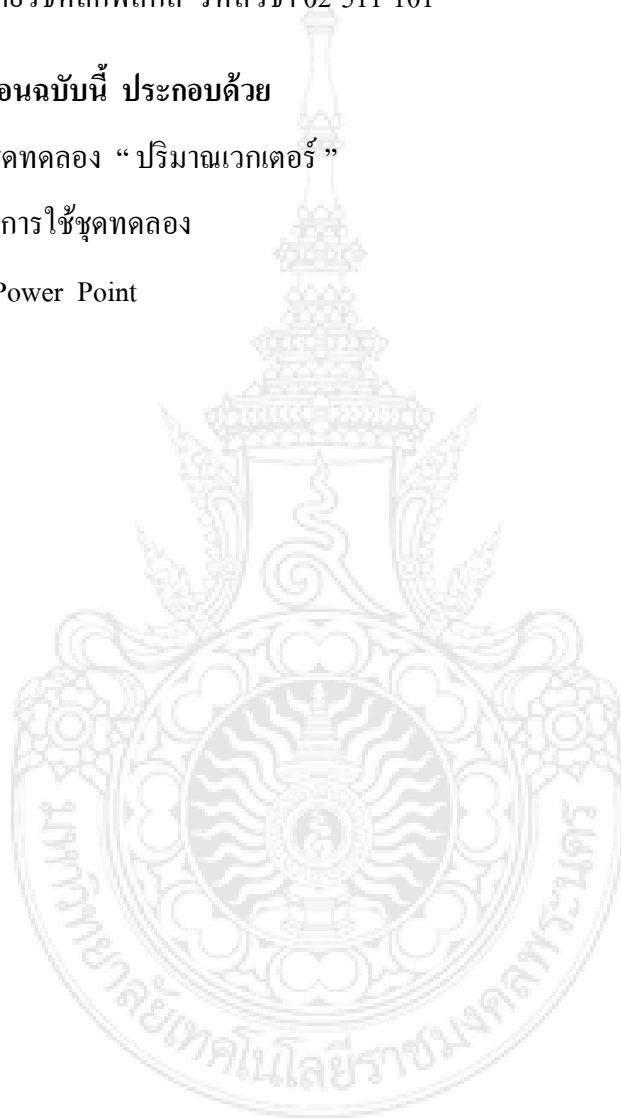
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คำชี้แจง

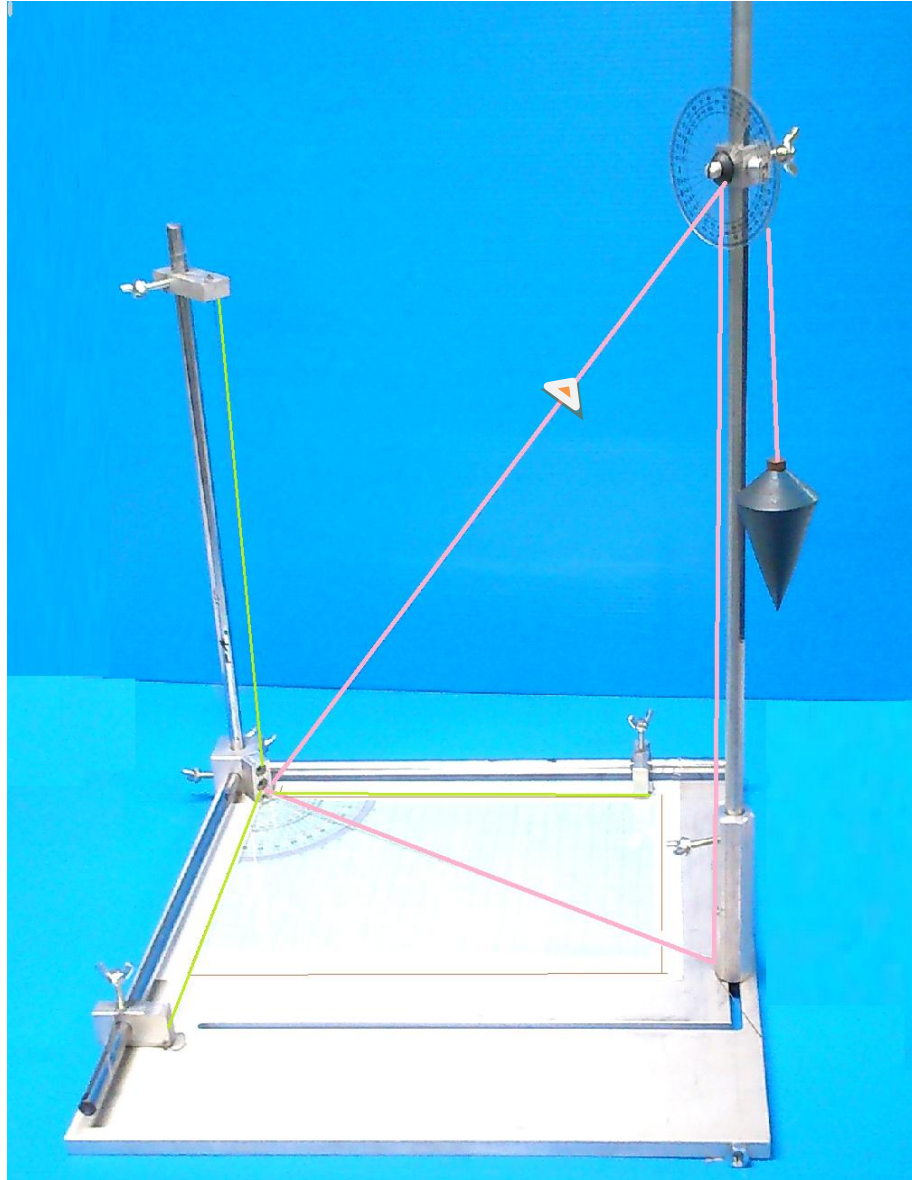
สื่อการสอนฉบับนี้ใช้ประกอบการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอน เรื่อง “ ปริมาณ
เวกเตอร์ ” รายวิชาหลักฟิสิกส์ รหัสวิชา 02-511-101

สื่อการสอนฉบับนี้ ประกอบด้วย

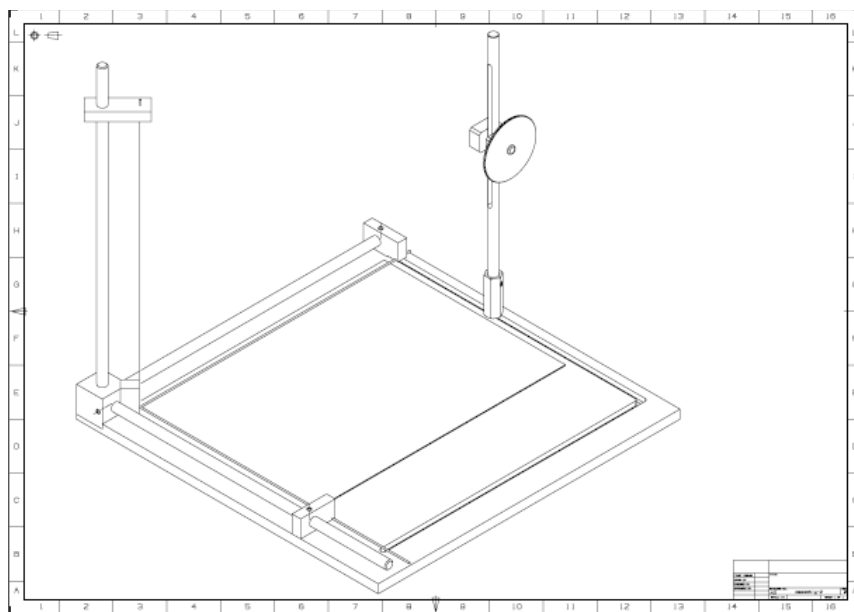
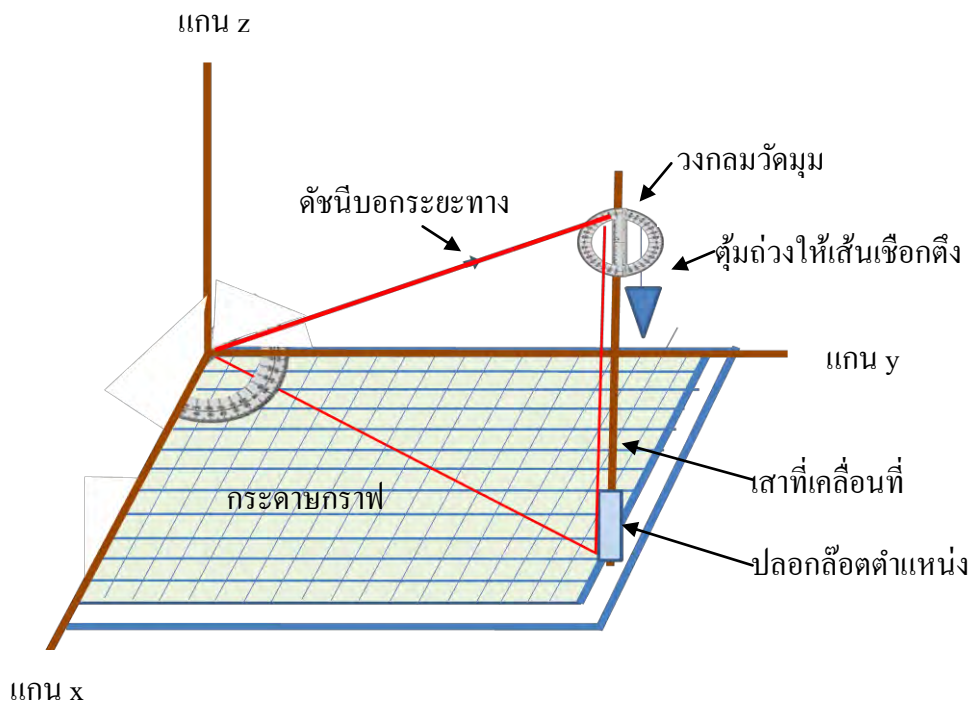
7. สื่อชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”
8. คู่มือการใช้ชุดทดลอง
9. สื่อ Power Point



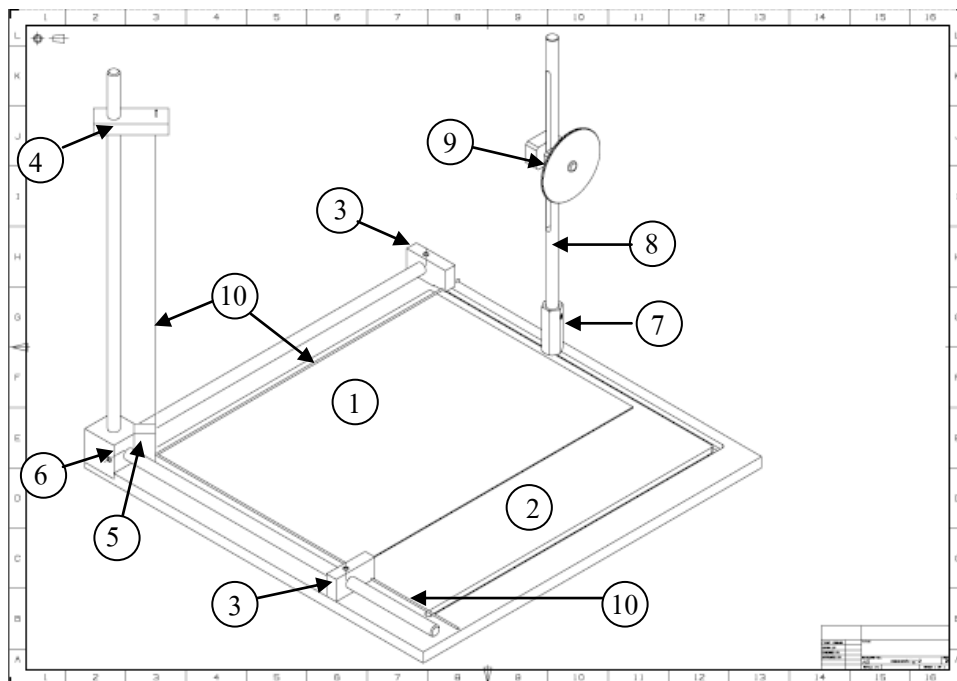
การสร้างชุดทดลอง“ ปริมาณเวกเตอร์ ”



แผนภาพส่วนประกอบชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

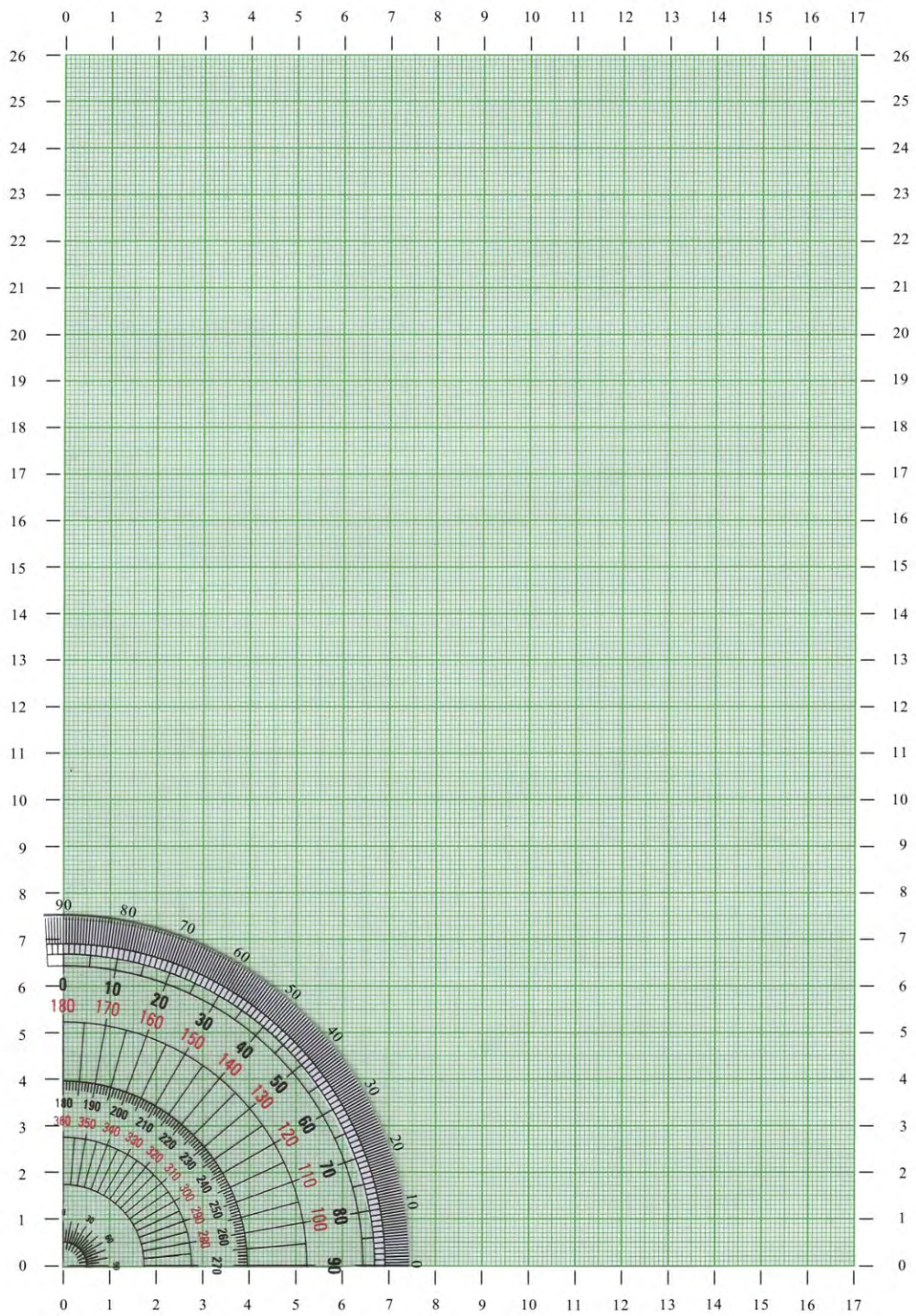


ส่วนประกอบของส่วนต่างๆ ของชุดทดลอง



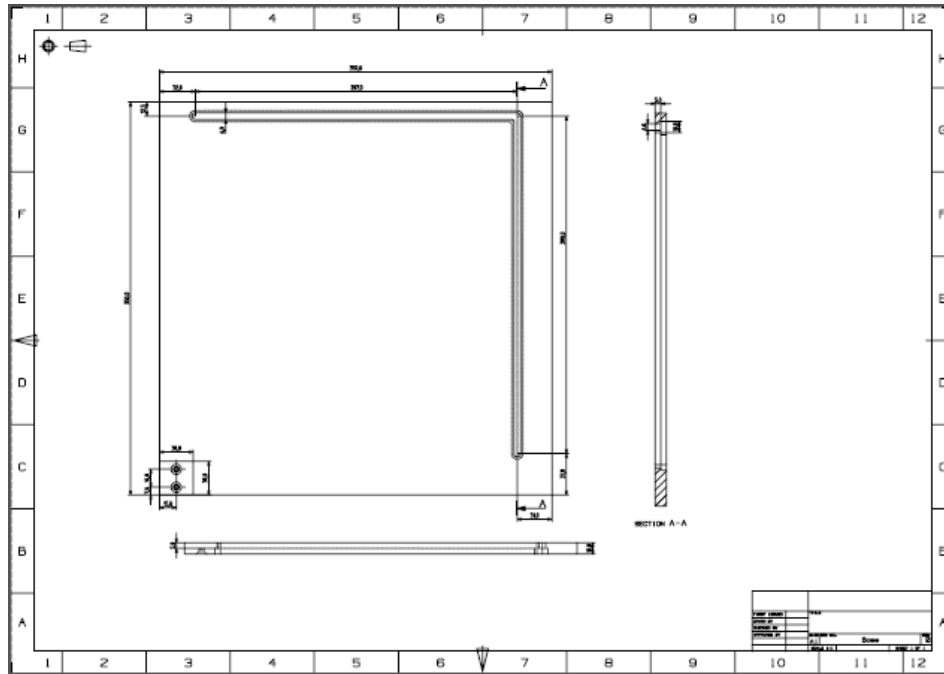
1. ส่วนกระดาษกราฟ
2. แผ่นฐานตั้งชุดทดลอง
3. อุปกรณ์ล็อกแกน x และ y
4. อุปกรณ์ล็อกแกน z
5. อุปกรณ์ยึดเส้นเชือก
6. อุปกรณ์ล็อกแกน x, y และ z เข้าด้วยกัน
7. อุปกรณ์ล็อกเสากับแผ่นฐานตั้ง
8. ตัวเสาที่สามารถเคลื่อนที่และปรับความสูงต่ำ
9. อุปกรณ์ยึดวงกลมสำหรับวัดมุมและล็อกปรับระดับความสูง
10. เส้นเชือกแทนแกน x, y และ z

1. ส่วนกระดาษกราฟ

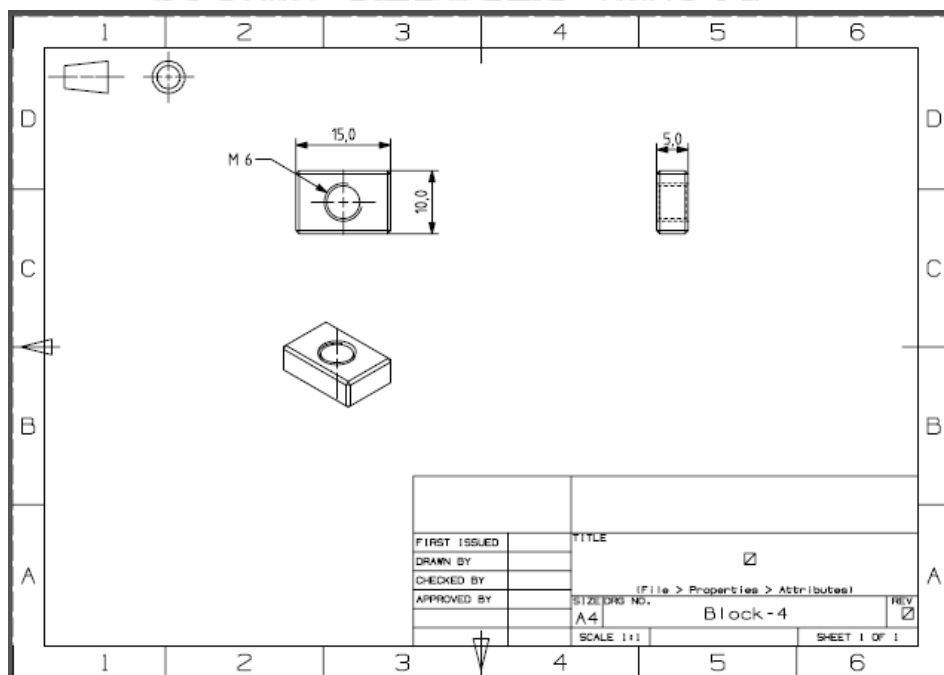


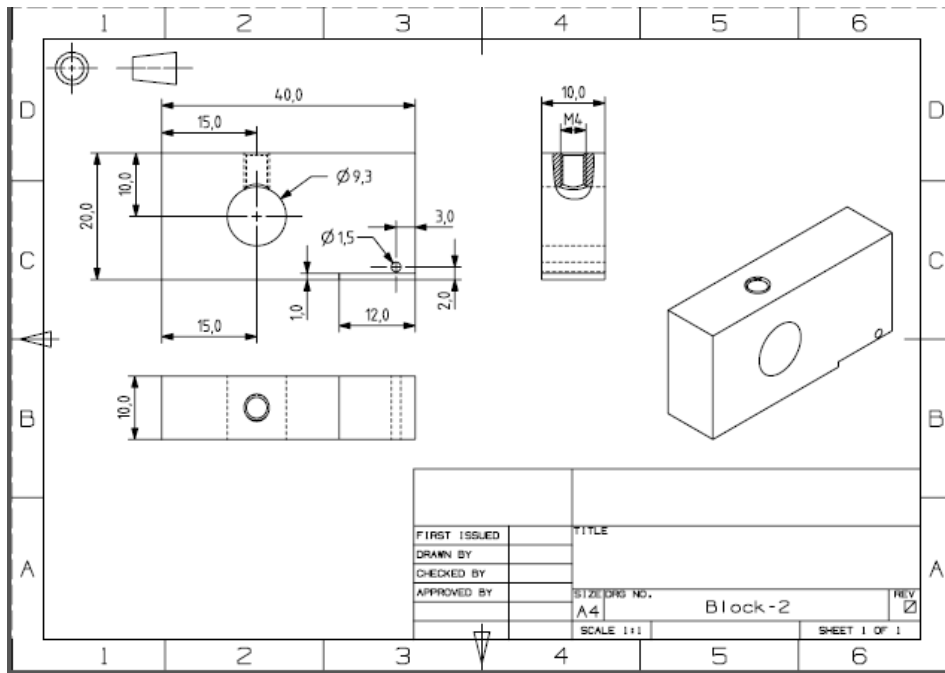
รูป กระดาษกราฟแบบมีสเกลวัดมุม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สำหรับศึกษาเวกเตอร์ 2 มิติ

2. แผ่นฐานตั้งชุดทดลอง

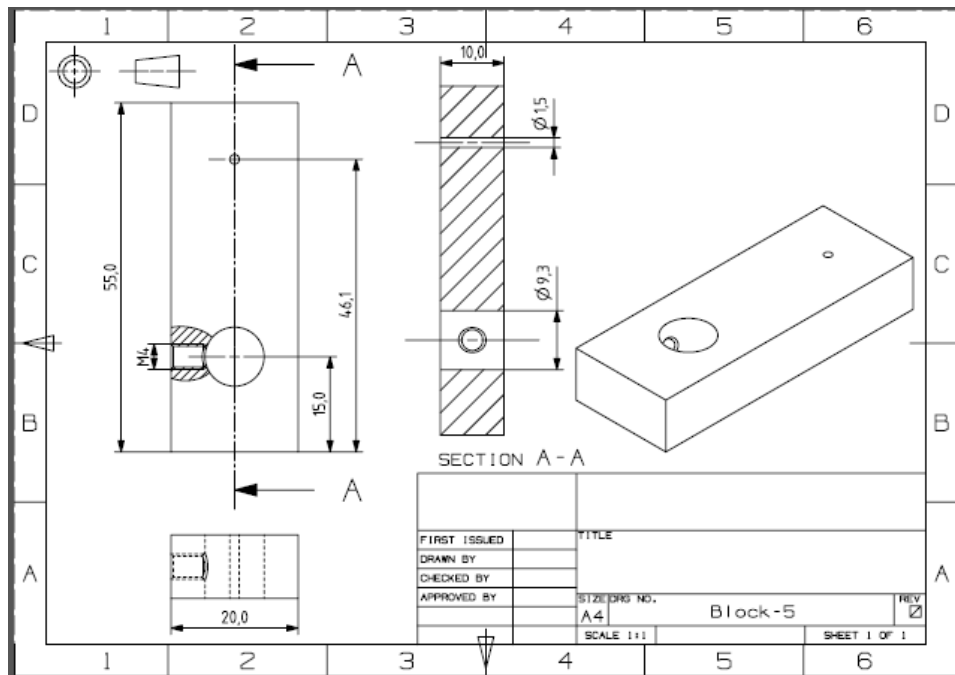


3. อุปกรณ์ล็อกแกน x และ y

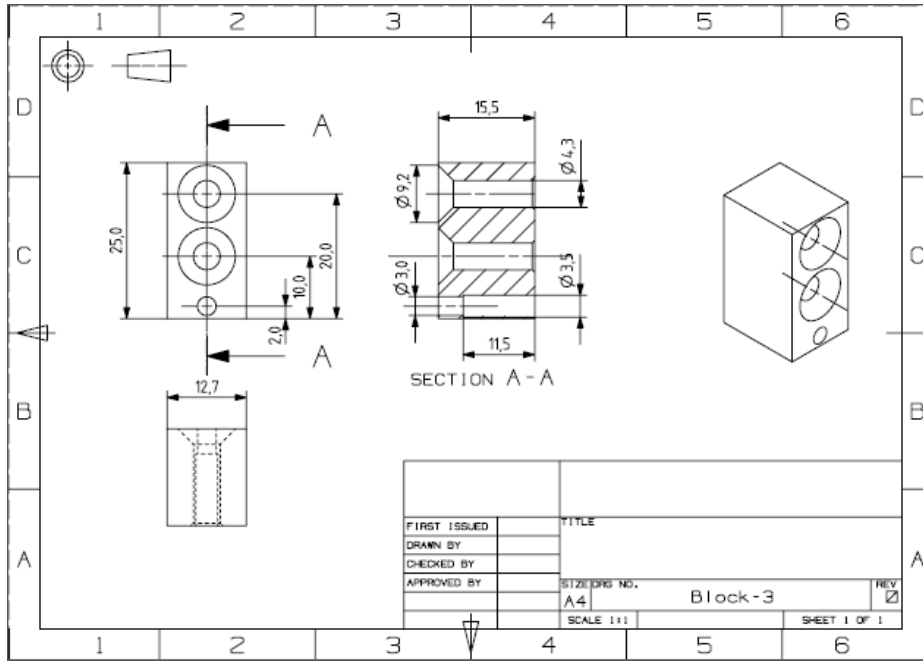




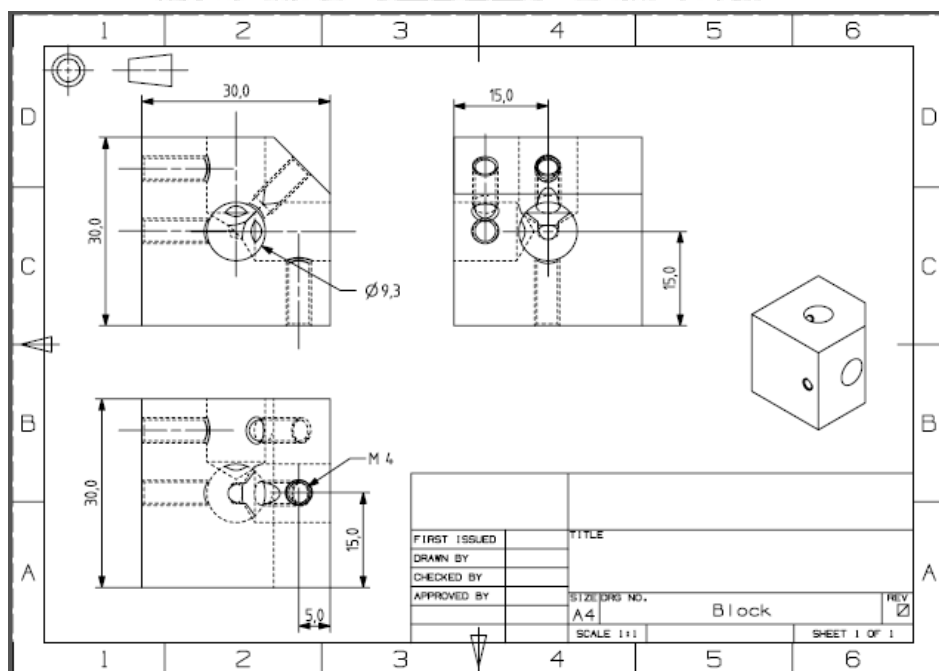
4. อุปกรณ์ล็อกแกน z



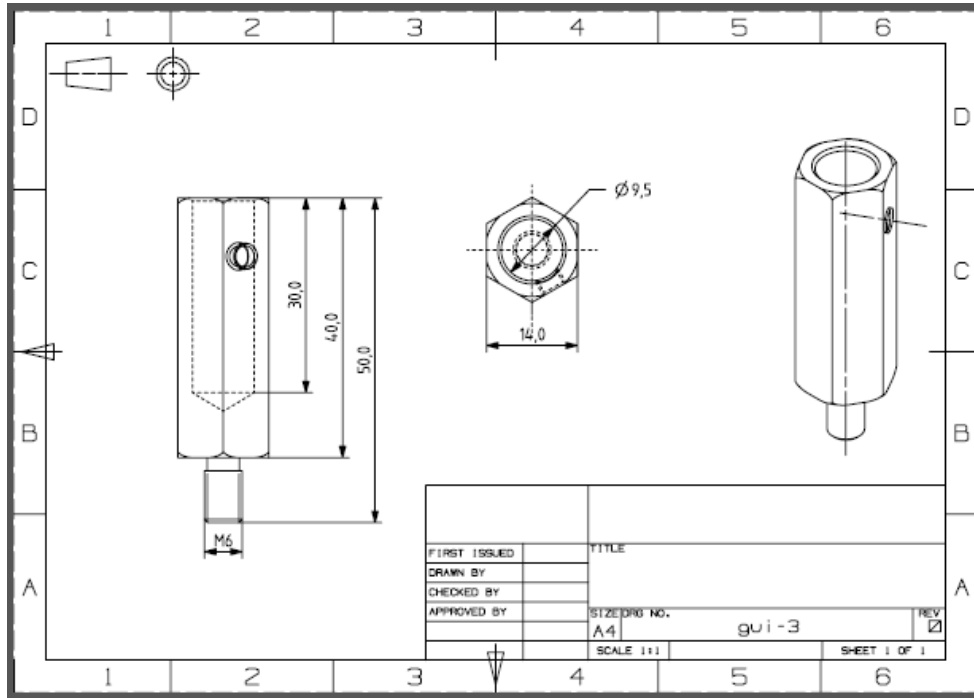
5. อุปกรณ์ยึดเส้นเชือก



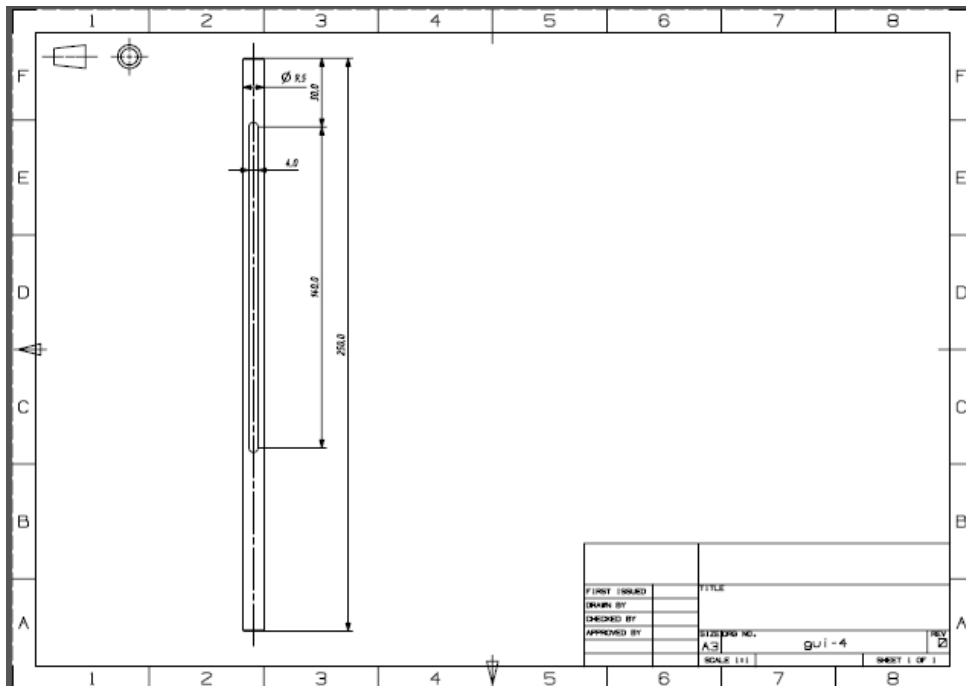
6. อุปกรณ์ล็อกแกน x, y และ z เข้าด้วยกัน



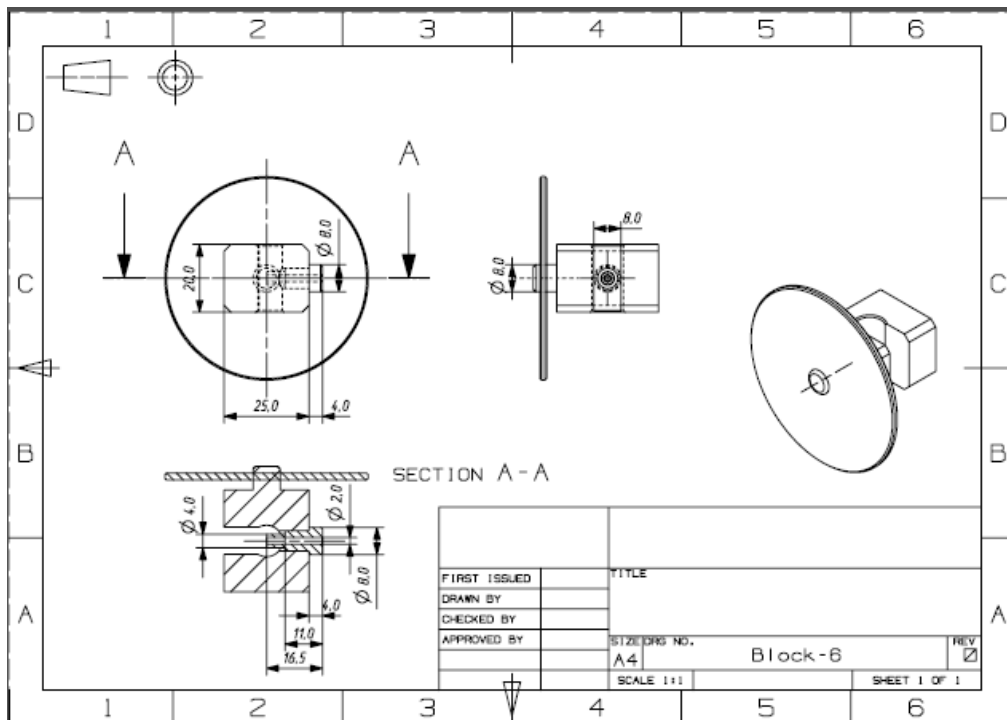
7. อุปกรณ์ล็อกเสากับแผ่นฐานตั้ง



8. ตัวเสาที่สามารถเคลื่อนที่และปรับความสูงต่ำ



9. อุปกรณ์ยึดวงกลมสำหรับวัดมุมและถือปรับระดับความสูง



นอกจากส่วนประกอบต่างของเครื่องมือแล้ว ยังมีวัสดุที่ใช้ประกอบกับชุดทดลอง ได้แก่

1. เส้นเชือกที่ไม่มีคามยืดหยุ่นสำหรับแทนเวกเตอร์ 2 เส้น
2. เส้นเชือกแทนแกนพิกัดจาก 3 มิติ จำนวน 3 เส้น
3. ดัชนีบอกระยะความยาวเส้นเชือก 1 อัน
4. ตุ่มน้ำหนักรถวางที่ปลายเส้นเชือกที่แทนเวกเตอร์ 1-2 ตุ่ม
5. แผ่นวงกลมที่มีสเกลวัดมุม $0 - 360^{\circ}$ 1 อัน

คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

ตอนที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ลากลูกศรแทนปริมาณเวกเตอร์ได้
2. สร้างรูปหาค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ ได้
3. คำนวณหาค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ ชุดทดลองเวกเตอร์ 2 มิติ 1 ชุดประกอบด้วย

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1. กระดาษกราฟชนิดมีสเกลวัดมุม | 1 แผ่น |
| 2. ไม้โปรแทรกเตอร์หรือไม้บรรทัด | 1 อัน |

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ 1 เครื่อง

ทฤษฎี

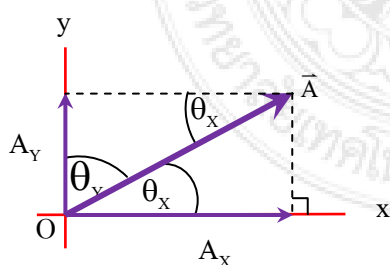
องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ เขียนในรูปสมการได้ว่า

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y \quad \text{หรือ} \quad \vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j}$$

โดยที่ A_x และ A_y เป็นองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

ขนาดเวกเตอร์ที่เป็นองค์ประกอบในแต่ละแกนหาได้ 2 วิธี คือ การสร้างรูปและการคำนวณ

วิธีการสร้างรูป สร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า องค์ประกอบของเวกเตอร์จะเป็นด้านประกอบของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



ลากลูกศรโดยกำหนดอัตราส่วนตามเหมาะสม แล้ววัดความยาวด้านประกอบของรูปได้เท่าไร ให้ใช้แปลงอัตราส่วนกลับให้เป็นขนาดของเวกเตอร์

รูปที่ 1 องค์ประกอบของเวกเตอร์ระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

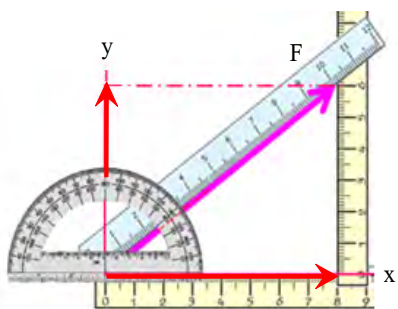
วิธีการคำนวณหาค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ 2 มิติในแนวแกนอ้างอิงฉาก ใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

$$A_x = A \cos \theta_x, \quad A_y = A \sin \theta_x \quad \text{หรือ} \quad A_y = A \cos \theta_y$$

ตัวอย่าง จงหาค่าประกอบของเวกเตอร์การกระจัด $\vec{A}(100\text{ m}, 37^\circ)$

วิธีสร้างรูป

ขั้นที่ 1 การลากเส้นลูกศรแทนเวกเตอร์ ทำดังนี้ กำหนดอัตราส่วน เช่น ใช้อัตราส่วน 1cm : 2 km จะได้ความยาวลูกศรมีขนาด 4.00 cm ดังนี้ $8\text{km} = 8\text{km}(\frac{1\text{cm}}{2\text{km}}) = 4.00\text{cm}$ ใช้อุปกรณ์วัดมุม 60° แล้วลากเส้นลูกศรด้วยไม้บรรทัดยาว 4.00 cm ให้หางลูกศรเริ่มจากจุด O ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของแกนอ้างอิงผ่านตำแหน่งมุม 60° ที่วัดไว้ ดังรูป



ขั้นที่ 2 การวัดขนาดองค์ประกอบของเวกเตอร์ของเวกเตอร์ที่ต้องการ ทำดังนี้ คือ สร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แล้ววัดความยาวด้านประกอบในแนวแกน x และแกน y คือ A_x และ A_y วัดความยาวได้ $A_x = 8.00\text{ cm}$ และ $A_y = 6.00\text{ cm}$ แล้วใช้อัตราส่วนแปลงกลับเพื่อหาขนาดเวกเตอร์

$$A_x = 8.00\text{cm} = 8.00\text{cm}(\frac{10\text{m}}{1\text{cm}}) = 80.00\text{ m} \text{ และ } A_y = 6.00\text{cm} = 6.00\text{cm}(\frac{10\text{m}}{1\text{cm}}) = 60.00\text{ m}$$

วิธีการคำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ 2 มิติในระบบพิกัดฉาก ใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

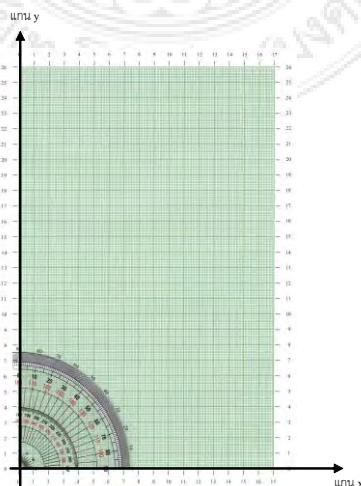
$$A_x = A \cos \theta_x = 100 \cos 37^\circ = 79.86\text{ m}$$

$$A_y = A \sin \theta_x = 100 \sin 37^\circ = 60.18\text{ m}$$

หรือ $A_y = A \cos \theta_y = 100 \cos(90^\circ - 37^\circ) = 60.18\text{ m}$

∴ การหาองค์ประกอบของเวกเตอร์จากการสร้างรูปแล้ววัดกับการคำนวณมีขนาดใกล้เคียงกันมาก ถือได้ว่าเท่ากัน ที่ต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากความละเอียดของการอ่านค่าจากเครื่องมือวัด

แผนภาพการทดลอง ตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ



ระยะ 1 ช่องใหญ่ของแกน x และ y เท่ากับ 1 cm

คำสั่ง ให้หาค่าประกอบของเวกเตอร์ $\vec{A}(30\text{m}, 40^\circ)$ จากการทดลองและจากการคำนวณ

วิธีการทดลอง

1. คำนวณความยาวเส้นลูกศรแทนขนาดของปริมาณเวกเตอร์ที่กำหนดให้ ในอัตราส่วน 1 cm ต่อ 1 m บันทึกลงในตารางที่ 1 เป็นความยาว R
 2. ที่ตำแหน่งจุดตัดแกน x กับแกน y บนกระดาษกราฟที่มีสเกลวัดมุม ลากหางลูกศรทิศทำมุม 40° กับแกน+x แทนเวกเตอร์ 30 m มีความยาวเท่ากับที่คำนวณได้ในข้อ 1.
 3. จากตำแหน่งหัวลูกศรให้อ่านค่าระยะที่ตัดแกน x และแกน y บันทึกผลลงในตารางเป็น R_x และ R_y ตามลำดับ
 4. ใช้อัตราส่วน 1 m : 1 cm แปลงค่า R_x และ R_y เป็นค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบ พิกัดฉากบันทึกเป็นค่า A_x และ A_y ตามลำดับ
 5. ทำการทดลองทำนองเดียวกับข้อ 1 - 4 แต่ใช้อัตราส่วนเป็น ความยาว 1 cm ต่อ 1.2 m บันทึกผลการทดลองในตาราง
 6. ทำการทดลองทำนองเดียวกับข้อ 1 - 4 แต่ใช้อัตราส่วนเป็น ความยาว 1 cm ต่อ 1.5 m บันทึกผลการทดลองในตาราง เป็นความยาวเส้นลูกศร R (cm)
 7. คำนวณหาค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน x และแนวแกน y จากการทดลอง
 8. คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน x และแกน y โดยใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ แล้วบันทึกผลการคำนวณลงในตารางที่ 1
- $$A_x = A \cos \theta_x, A_y = A \sin \theta_x \text{ หรือ } A_y = A \cos \theta_y$$
9. สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบขนาดองค์ประกอบของเวกเตอร์จากการสร้างรูปและจากการคำนวณ



ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

ขนาด เวกเตอร์	อัตรา ส่วน	ความ ยาว	มุม	ระยะตัดแกน x,y		องค์ประกอบของเวกเตอร์			
		R(cm)	θ_x			การสร้างรูป		การคำนวณ	
A(m)				R_x (cm)	R_y (cm)	A_x (m)	A_y (m)	A_x (m)	A_y (m)
30	1cm:1m		60						
	1cm:1.2m								
	1cm:1.5m								
ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของเวกเตอร์									

องค์ประกอบของเวกเตอร์ เมื่อจากระยะตัดแกน x และแกน y เมื่อ $A = 30$ หน่วย อัตราส่วน.....

.....

.....

.....

การคำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ เมื่อ $A = 30$ m และ $\theta_x = 60^\circ$

$$A_x = A \cos \theta_x = \dots\dots\dots$$

$$A_y = A \sin \theta_x = \dots\dots\dots$$

.....

.....

.....

เปรียบเทียบองค์ประกอบของเวกเตอร์จากการทดลองและจากการคำนวณ

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

.....

.....

.....

.....

คู่มือการใช้ชุดทดลอง เรื่อง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

ตอนที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

จุดประสงค์การทดลอง

1. วัดขนาดองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติได้
2. กำหนดหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติได้
3. บอกความสัมพันธ์ของมุมเชิงขั้วในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ ชุดทดลองปริมาณเวกเตอร์ 3 มิติ

1 ชุด

1. กระดาษกราฟชนิดมิลลิเมตร
2. แผ่นฐานพร้อมแกนเหล็ก 4 อัน จำนวน
3. ไม้บรรทัดเหล็ก
4. อุปกรณ์วัดมุมเชิงขั้ว
5. อุปกรณ์จับยึดพร้อมสเกลวัดมุมครึ่งวงกลม

1 แผ่น

1 ชุด

1 อัน

1 อัน

1 อัน

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- เส้นเชือก 5 เส้น
- เครื่องคำนวณที่มีฟังก์ชันตรีโกณมิติ 1 เครื่อง

ทฤษฎี

องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ เขียนในรูปสมการได้ว่า

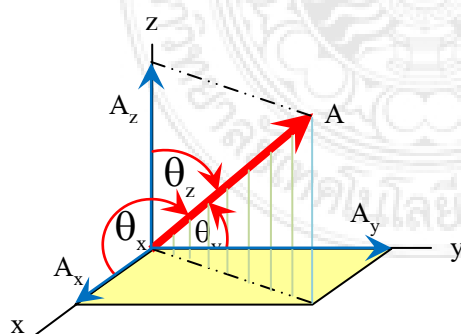
$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y + \vec{A}_z \quad \text{หรือ} \quad \vec{A} = A_x \hat{i} + A_y \hat{j} + A_z \hat{k}$$

กำหนดหาองค์ประกอบของเวกเตอร์จากสมการ

$$A_x = A \cos \theta_x$$

$$A_y = A \cos \theta_y$$

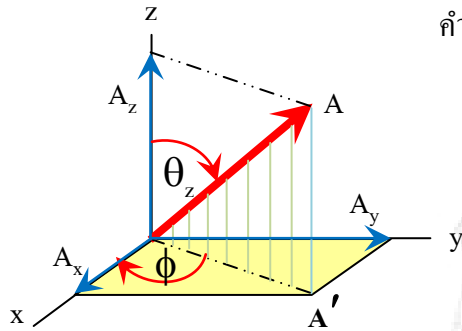
$$A_z = A \cos \theta_z$$



รูปที่ 2 องค์ประกอบของ \vec{A} เมื่อกำหนด $(\theta_x, \theta_y, \theta_z)$

โดยที่ A_x, A_y และ A_z เป็นองค์ประกอบของเวกเตอร์ \vec{A} ในแนวแกน x, y และ z ตามลำดับ

โดยที่ θ_x, θ_y และ θ_z เป็นมุมที่เวกเตอร์ \vec{A} กระทบกับแกน x, y และ z ตามลำดับ



คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์จากสมการ

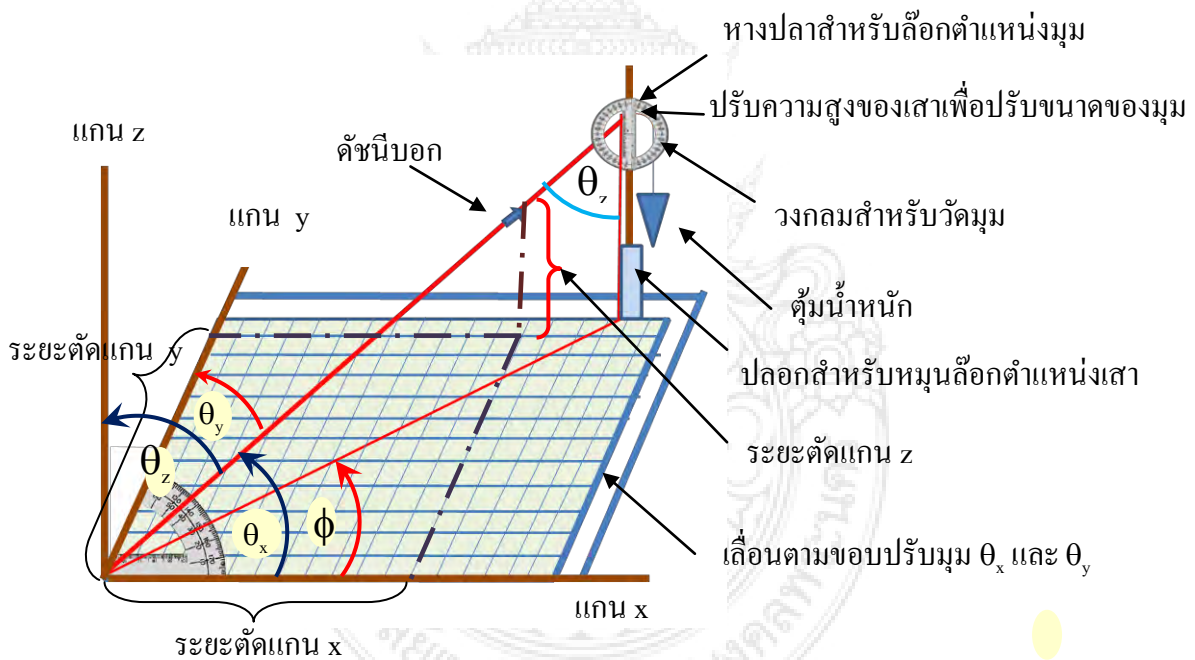
$$A_x = A \sin \theta_z \cos \phi$$

$$A_y = A \sin \theta_z \sin \phi$$

$$A_z = A \cos \theta_z$$

รูปที่ 3 องค์ประกอบของ \vec{A} เมื่อกำหนด (θ, ϕ)

แผนภาพการทดลอง ตอนที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ



หมายเหตุ การเลื่อนเสาบนระนาบเป็นการปรับค่าของมุมที่ทำกับแกน x และแกน y และการปรับความสูงของอุปกรณ์วัดมุมหรือเสาก็ได้เป็นการปรับขนาดของมุมที่กระทบกับแกน z

- ข้อควรระวัง**
1. ต้องปรับมุม θ_z ให้เท่ากันทั้งสองตำแหน่ง
 2. เส้นเชือกแทนเวกเตอร์ต้องไม่หย่อน
 3. เส้นเชือกต้องผ่านศูนย์กลางเดียวกันหรือเป็นระนาบเดียวกัน

คำสั่ง จงหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ $|\vec{A}|=30\text{m}$, $\theta_z = 50^\circ$, $\phi = 40^\circ$ จากการวัดและการคำนวณ

วิธีการทดลอง

1. ประกอบอุปกรณ์การทดลองดังรูป
2. เลื่อนตำแหน่งเสาไปตามขอบเพื่อให้เส้นเชือกบนระนาบ xy ทำมุม $\phi=40^\circ$ แล้วหมุนปลอกล็อกตำแหน่งเสา
3. ปรับความสูงของเสาเพื่อให้มุมที่เส้นเวกเตอร์(เส้นเชือกในรูปสีแดง) ทำกับแกน z เป็นมุม $\theta_z = 50^\circ$ โดยการวัดมุมที่ชี้ และมุมที่อุปกรณ์วัดมุมที่ติดบนเสาของชุดทดลองให้เท่ากันดังรูป (เพราะเป็นมุมเดียวกันป้องกันความคลาดเคลื่อนของการตั้งค่าเครื่องมือ) แล้วล็อกตำแหน่ง
4. วัดมุมที่เวกเตอร์ทำกับแกน+x และวัดมุมที่ทำกับแกน+y บันทึกผลการวัดเป็นมุม θ_x และมุม θ_y ตามลำดับ ลงในตาราง
5. คำนวณความยาวเส้นเชือกที่จะใช้แทนขนาดเวกเตอร์ ด้วยอัตราส่วน 1 cm : 1 m บันทึกเป็นค่า R ลงในตารางบันทึกผลตารางที่ 2
6. วัดความยาวเส้นเชือกที่ใช้แทนเวกเตอร์ยาวเท่ากับที่คำนวณได้ในข้อ 5 เลื่อนดัชนีบนเส้นเชือกมาอยู่ที่ระยะดังกล่าว แล้วใช้ไม้บรรทัดวัดระยะตัดแกน z พร้อมทั้งอ่านค่าระยะตัดแกน x และแกน y บนกระดาษกราฟ บันทึกผลการอ่านค่าลงในตารางบันทึกผล เป็น R_x , R_y และ R_z ตามลำดับ
7. ใช้อัตราส่วน 1 m : 1 cm แปลงค่า R_x , R_y และ R_z กลับเป็นค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์แนวแกน x, y และ z บันทึกเป็นค่า A_x , A_y และ A_z ตามลำดับ
8. คำนวณหาค่าองค์ประกอบของ \vec{A} แนวแกน x, y และ z ตามลำดับ จากสมการฟังก์ชันตรีโกณมิติ แล้วบันทึกผลการคำนวณลงในตาราง ใช้สมการ $A_x = A \cos \theta_x$, $A_y = A \cos \theta_y$ และ $A_z = A \cos \theta_z$ และใช้สมการ $A_x = A \sin \theta_z \cos \phi$, $A_y = A \sin \theta_z \sin \phi$ และ $A_z = A \cos \theta_z$
9. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง บันทึกผลการทดลอง
10. เปรียบเทียบขนาดขององค์ประกอบของเวกเตอร์จากการวัดและจากการคำนวณ
11. คำนวณหาค่าของ $\sqrt{\cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z}$ ของการทดลองทุกครั้ง
12. หาค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองจากข้อ 12. กับค่าทางทฤษฎีที่จะได้ค่าเท่ากับ 1
13. สรุปผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

เวกเตอร์ \vec{A} มีขนาด 30 เมตร ทำมุม $\theta_z = 50^\circ, \phi = 40^\circ$ อัตราส่วนความยาว 1 cm : 1 m

ความยาวเส้นเชื่อมแทนขนาดของเวกเตอร์ $R = \dots\dots\dots$ cm

ครั้งที่	มุมที่ทำกับแกน				ระยะตัดแกน x, y, z			องค์ประกอบของเวกเตอร์จากการวัด		
	θ_z	ϕ	θ_x	θ_y	$R_x(\text{cm})$	$R_y(\text{cm})$	$R_z(\text{cm})$	$A_x(\text{m})$	$A_y(\text{m})$	$A_z(\text{m})$
1	50°	40°								
2										
3										
	ค่าเฉลี่ย									

ครั้งที่	$\sqrt{\cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z}$	องค์ประกอบของเวกเตอร์ คำนวณใช้มุม (θ_z, ϕ)			องค์ประกอบของเวกเตอร์ คำนวณใช้มุม ($\theta_x, \theta_y, \theta_z$)		
		$A_x(\text{m})$	$A_y(\text{m})$	$A_z(\text{m})$	$A_x(\text{m})$	$A_y(\text{m})$	$A_z(\text{m})$
1							
2							
3							
เฉลี่ย							

การคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์องค์ประกอบจากการวัด

.....

.....

.....

.....

การคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมุม θ_x , θ_y และ θ_z จากสมการ

$$\sqrt{\cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z} = 1$$

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง ตอนที่ 2 การศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

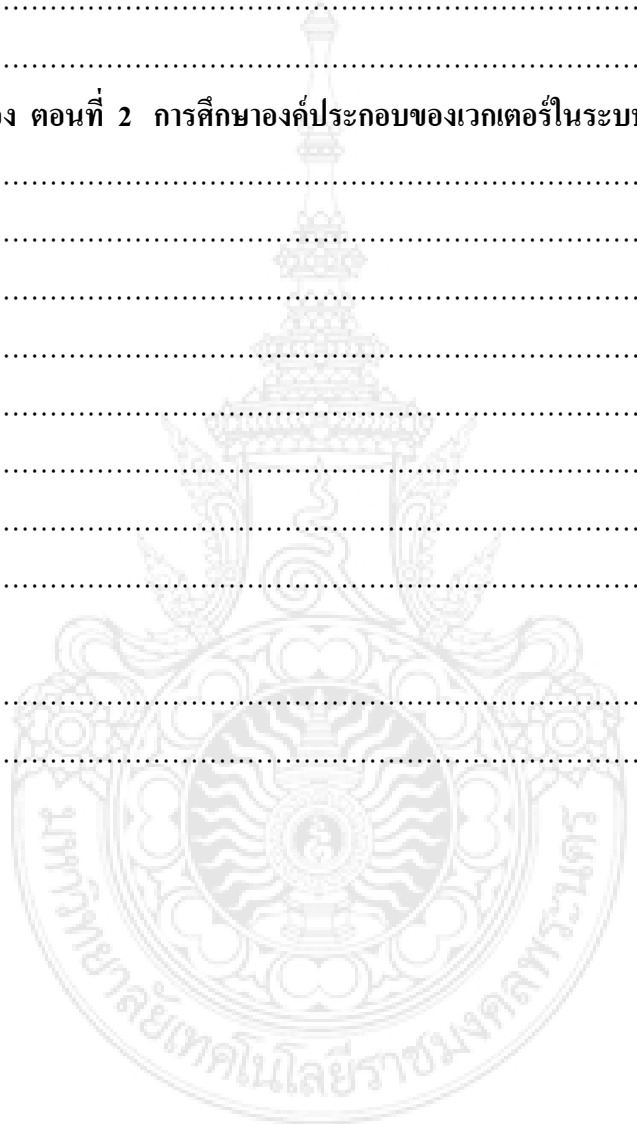
.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้า \vec{A} มีพิกัดเชิงขั้ว $A(300 \text{ m}, 70^\circ)$ จะมีเวกเตอร์องค์ประกอบในแนวแกน x และแกน y เท่าไร



การสร้างรูป

อัตราส่วน 1 cm : m

.....

.....

.....

การคำนวณ

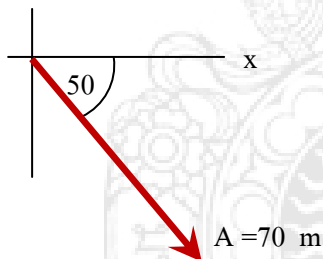
.....

.....

.....

.....

2. ถ้า \vec{A} ดังรูปมีขนาด 70 เมตร จะมีองค์ประกอบของเวกเตอร์ในแนวแกน x และ y กี่เมตร



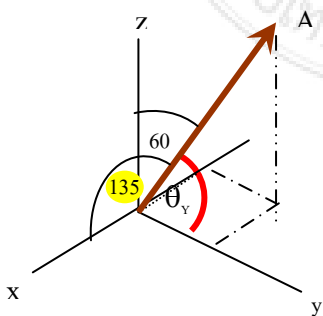
.....

.....

.....

.....

3 มุม θ_y ในรูปมีขนาดกี่องศา



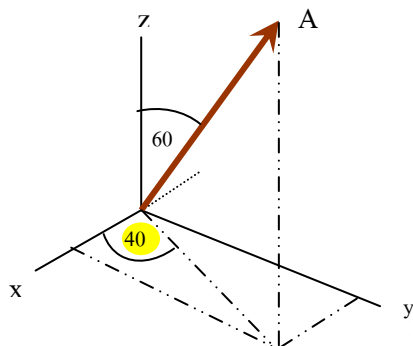
.....

.....

.....

.....

4. เมื่อ \vec{A} มีขนาด 1200 เมตร จะมียังค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติเท่าไร



.....

.....

.....

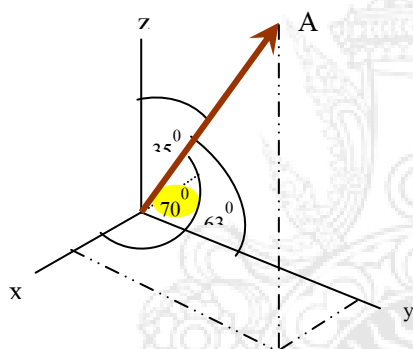
.....

.....

.....

.....

5. เมื่อ \vec{A} มีขนาด 1200 เมตร จะมียังค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติเท่าไร



.....

.....

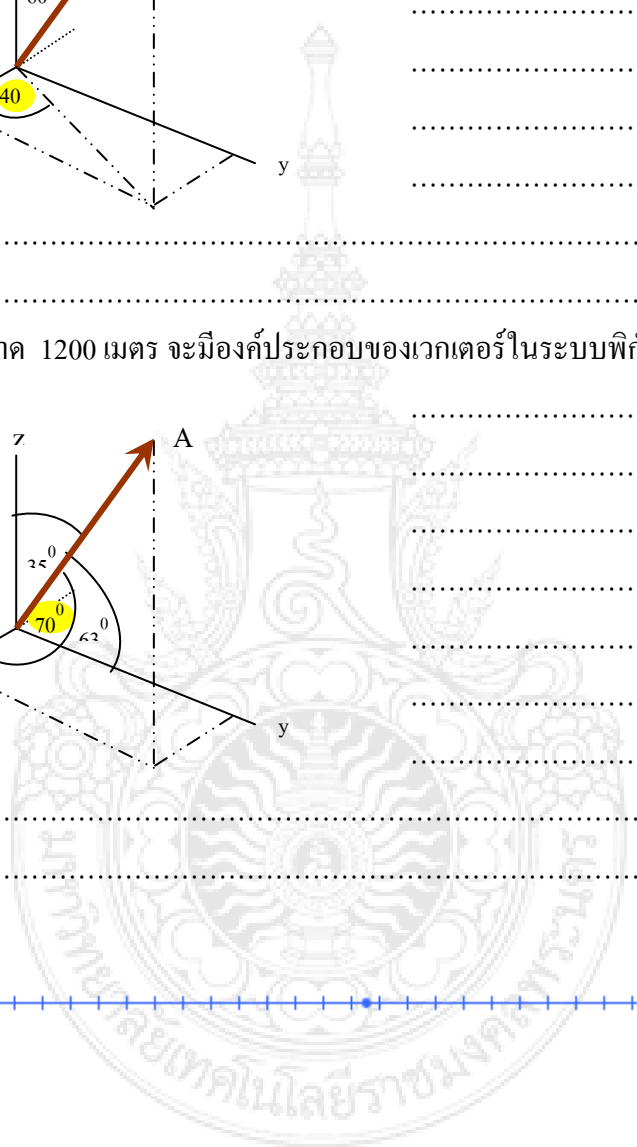
.....

.....

.....

.....

.....



การสร้างสื่อการสอน Power Point

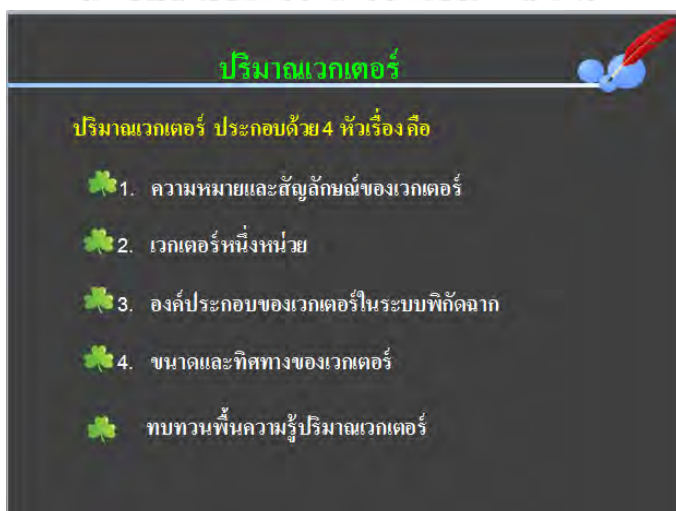
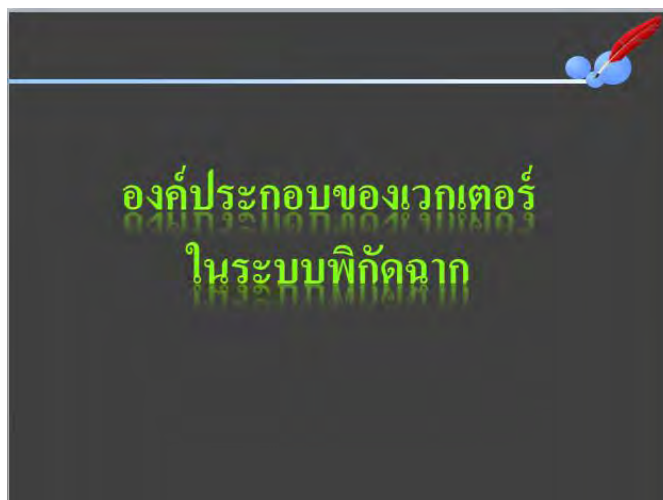
การวิจัย การพัฒนาชุดการสอน “ ปริมาณเวกเตอร์ ” ผู้วิจัยสร้างสื่อ **Power Point** ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. เนื้อหาสาระ สร้างจากใบเนื้อหา
2. การทดลองปริมาณเวกเตอร์ สร้างจากคู่มือการใช้ชุดทดลอง
3. แบบฝึกหัดปริมาณเวกเตอร์พร้อมเฉลย สร้างจากเอกสารแบบฝึกหัดและเฉลย


การนำเสนองานด้วย **Power Point** ในส่วนเนื้อหา สามารถควบคุมหน้าจอด้วยการกดที่สัญลักษณ์  ในแต่ละเฟรมเพื่อกลับเข้าสู่เมนูหลัก

การนำเสนองานด้วย **Power Point** ในส่วนแบบฝึกหัดปริมาณเวกเตอร์ เป็นแบบปรนัย เลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ ให้ผู้เรียนกดปุ่มเลือกคำตอบที่ต้องการ ถ้าคำตอบถูกจะเฉลยว่าถูก ให้กดที่เครื่องหมายถูกจะได้ทำข้อต่อไป ถ้าตอบไม่ถูกจะเฉลยว่าผิด ให้กดที่เครื่องหมายผิดเพื่อกลับมาทำที่ข้อเดิม


ตัวอย่าง สื่อใบงาน (Power Point)



ตัวอย่าง สื่อการทดลอง เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ (Power Point)



การทดลอง
เรื่อง
ปริมาณเวกเตอร์



จุดประสงค์การทดลอง ปริมาณเวกเตอร์

ตอนที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

1. ลากลูกศรแทนปริมาณเวกเตอร์ได้
2. สร้างรูปหอนก้ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติได้
3. คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติได้

ตอนที่ 2 ศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

1. วัดขนาดองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติได้
2. คำนวณหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติได้
3. บอกความสัมพันธ์ของมุมเชิงขั้วในระบบพิกัดฉาก 3 มิติได้



ตอนที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

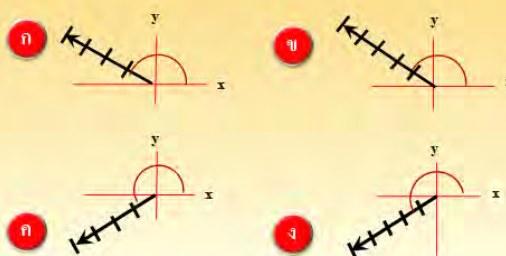
บันทึกผลการทดลอง

ขนาด เวกเตอร์	อัตราส่วน	ความยาว เส้นลูกศร	มุม	ระยะตั้งฉาก		องค์ประกอบของเวกเตอร์			
				x, y	การสร้างรูป		การคำนวณ		
(m)		R(cm)	θ_x	R_x (cm)	R_y (cm)	A_x (m)	A_y (m)	A_x (m)	A_y (m)
$A_y = 30$	1cm: 1 m	60°						
	1cm: 1.2 m							
	1cm: 1.5 m							
ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของเวกเตอร์									

ตัวอย่าง สื่อแบบฝึกหัด (Power Point)



1. ลูกศรข้อใดใช้แทนเวกเตอร์ขนาด 20 เมตร ทิศทำมุม 240° เมื่อใช้อัตราส่วน 1 ช่องเท่ากับ 5 เมตร



ภาคผนวก ข.

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ



ตารางที่ 3 ค่าความยาก-ง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ จำนวน 20 ข้อ ของนักศึกษา 30 คน

ข้อที่	จำนวนผู้เรียนที่ตอบถูก		ความยากง่าย P	ค่าอำนาจจำแนก r	pq
	กลุ่มสูง	กลุ่มต่ำ			
1	14	8	0.733	0.400	0.231
2	13	10	0.767	0.200	0.246
3	10	6	0.533	0.267	0.234
4	13	9	0.733	0.267	0.242
5	12	8	0.667	0.267	0.240
6	13	8	0.700	0.333	0.236
7	9	3	0.400	0.400	0.188
8	9	6	0.500	0.200	0.240
9	10	5	0.500	0.333	0.222
10	8	5	0.433	0.200	0.237
11	14	8	0.733	0.400	0.231
12	9	6	0.500	0.200	0.240
13	14	4	0.600	0.667	0.173
14	6	3	0.300	0.200	0.222
15	10	6	0.533	0.267	0.234
16	14	8	0.733	0.400	0.231
17	10	3	0.433	0.467	0.178
18	8	3	0.367	0.333	0.198
19	14	9	0.767	0.333	0.238
20	11	6	0.567	0.333	0.228
	รวม =221	รวม =124			รวม =4.490

ตารางที่ 4 คะแนนผลการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง “ ปริมาณ เวกเตอร์”

จำนวน 20 ข้อ ของนักศึกษา 30 คน

คนที่	คะแนน	คนที่	คะแนน	คนที่	คะแนน	คนที่	คะแนน
1	18	9	15	16	11	24	8
2	17	10	14	17	10	25	8
3	17	11	14	18	10	26	7
4	17	12	12	19	9	27	7
5	17	13	11	20	9	28	7
6	16	14	11	21	9	29	6
7	16	15	11	22	9	30	6
8	15			23	8		

$N =$ จำนวนผู้ทำข้อสอบ = 30 คน

$\sum x^2 =$ ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง = 4397

$\sum x = 345$

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{(30)(4397) - (345)^2}{30(30-1)}} = 3.85$$

การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง “ ปริมาณ เวกเตอร์”

จำนวน 20 ข้อ ของนักศึกษา 30 คน

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ r_{tt} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

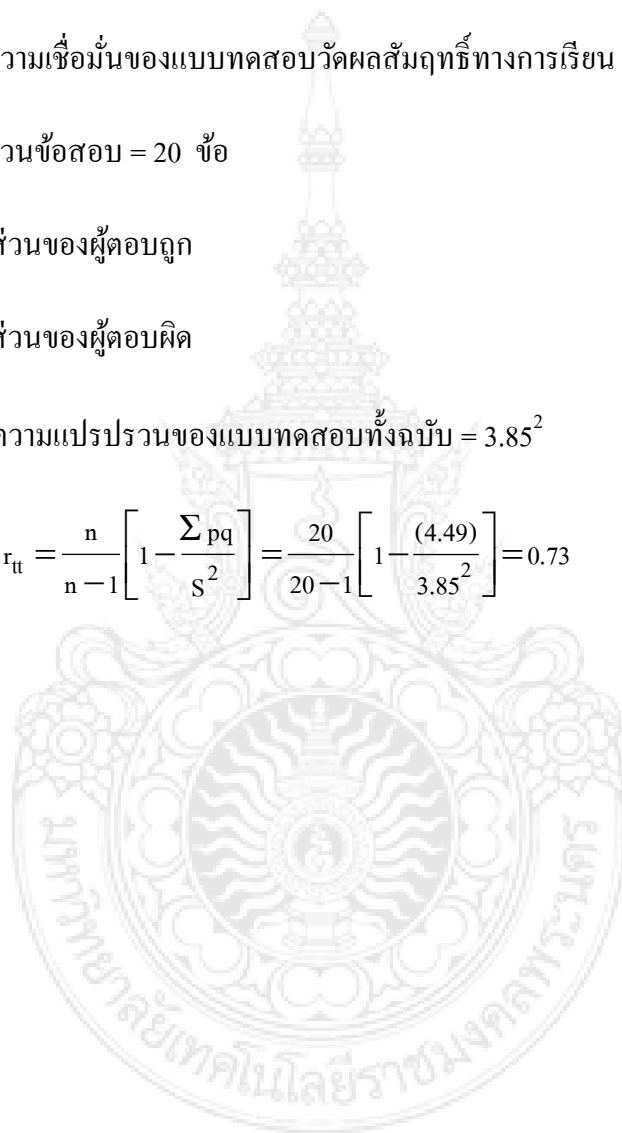
n = จำนวนข้อสอบ = 20 ข้อ

p = สัดส่วนของผู้ตอบถูก

q = สัดส่วนของผู้ตอบผิด

S^2 = ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ = 3.85^2

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right] = \frac{20}{20-1} \left[1 - \frac{(4.49)}{3.85^2} \right] = 0.73$$



ภาคผนวก ก.

การประเมินคุณภาพชุดการสอน



การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือชุดทดลอง “ ปริมาณเวกเตอร์ ”

การทดลองเก็บข้อมูลการทดลององค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 2 มิติ

ขนาด เวกเตอร์	อัตรา ส่วน	ความ ยาว	มุม	ระยะแนวแกน x , y		องค์ประกอบของเวกเตอร์			
						การวัด		การคำนวณ	
A(m)		r(cm)	θ_x	R_x (cm)	R_y (cm)	A_x (m)	A_y (m)	A_x (m)	A_y (m)
30	1cm:1m	30	60	15.0	26.0	15.00	26.0	15.0	25.98
	1cm:1.2m	25		12.5	21.7	15.00	26.04		
	1cm:1.5m	20		10.2	17.3	15.30	25.95		
ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบของเวกเตอร์						15.10	26.00		
ค่าเบี่ยงเบน						0.17	0.04		

การทดลองเก็บข้อมูลการทดลอง องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

A(m)	อัตราส่วน	R (cm)	θ_z	ϕ	θ_x	θ_y	R_x	R_y	R_z	การทดลอง			การคำนวณ		
										A_x	A_y	A_z	A_x	A_y	A_z
30	1cm:1m	30c	50	50	61	55	14.7	17.4	19.5	14.70	17.40	19.5	14.54	17.20	19.28
	1cm:1.2m	25					12.2	14.7	16.3	14.64	17.64	19.56			
	1cm:1.5m	20					9.8	11.8	13.2	14.70	17.70	19.80			
							mean			14.68	17.58	19.62			
							STDEV			0.03	0.16	0.16			

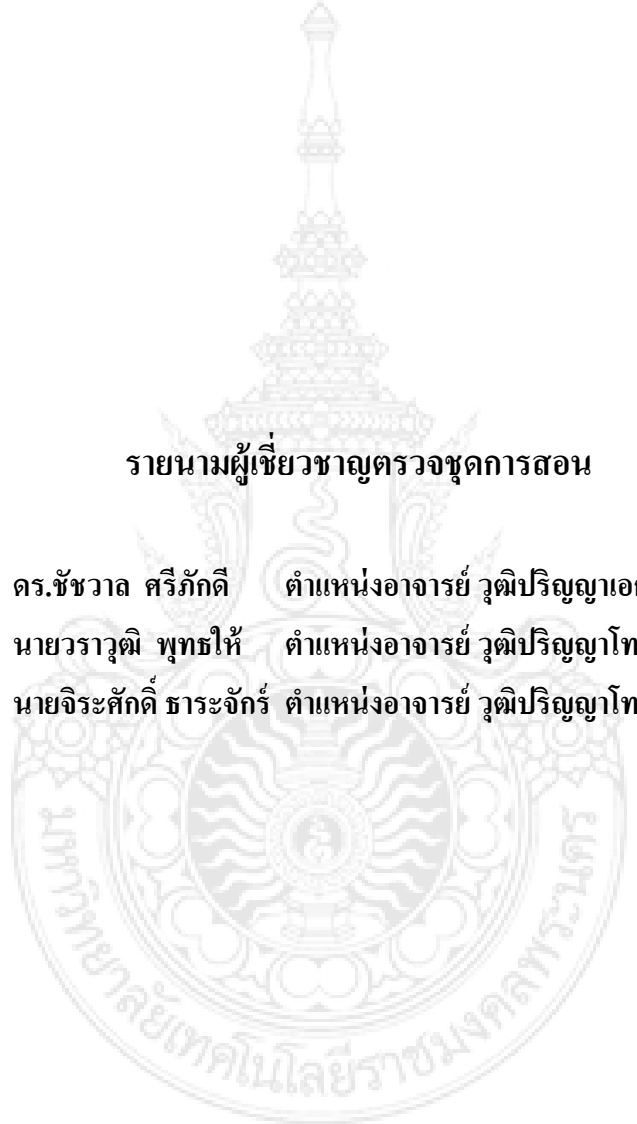
การทดลองเก็บข้อมูลการทดลอง องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

A(m)	อัตราส่วน	R (cm)	θ_z	ϕ	θ_x	θ_y	R_x	R_y	R_z	การทดลอง			การคำนวณ		
										A_x	A_y	A_z	A_x	A_y	A_z
30	1cm:1m	30c	50	40	54	61	17.8	14.6	19.0	17.8	14.6	19.0	14.54	17.20	19.28
	1cm:1.2m	25					14.8	12.2	16.0	17.76	14.64	19.20			
	1cm:1.5m	20					11.8	9.9	12.8	17.70	14.85	19.20			
							mean			17.75	14.70	19.13			
							STDEV			0.05	0.13	0.12			

การทดลองเก็บข้อมูลการทดลอง องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก 3 มิติ

A(m)	อัตราส่วน	R (cm)	θ_z	ϕ	θ_x	θ_y	R_x	R_y	R_z	การทดลอง			การคำนวณ		
										A_x	A_y	A_z	A_x	A_y	A_z
30	1cm:1m	30c	40	30	57	70	16.0	9.7	23.5	16.0	9.7	23.5	16.7	9.64	22.9
	1cm:1.2m	25					13.4	8.1	19.6	16.08	9.72	23.52			
	1cm:1.5m	20					10.7	6.6	15.4	16.1	9.90	23.1			
							mean			16.04	9.77	23.37			
							STDEV			0.04	0.11	0.24			

จากข้อมูลเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยโปรแกรม Statistix 8.0 ที่ระดับ .05 แบบ One-Sample T-test พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือสูงกว่า 95 %



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบการสอน

1. ดร.ชัชวาล ศรีภักดี ตำแหน่งอาจารย์ วุฒิปริญญาเอกฟิสิกส์
2. นายวรวิทย์ พุทธิให้ ตำแหน่งอาจารย์ วุฒิปริญญาโทฟิสิกส์
3. นายจิระศักดิ์ ชาระจักร์ ตำแหน่งอาจารย์ วุฒิปริญญาโทฟิสิกส์

แบบประเมินคุณภาพของแผนการสอน

สำหรับอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย✓ ลงในช่อง แสดงระดับความคิดเห็นของท่าน

ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดีมาก
คะแนน 4	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดี
คะแนน 3	หมายถึง	มีคุณภาพระดับพอใช้
คะแนน 2	หมายถึง	มีคุณภาพระดับต้องปรับปรุง
คะแนน 1	หมายถึง	มีคุณภาพระดับใช้ไม่ได้

รายการประเมินแผนการสอน	ระดับของคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. แผนการสอน					
1.1 ความเหมาะสมของการแบ่งหน่วยการเรียนรู้	///				
1.2 ความเหมาะสมของเวลาเรียนกับเนื้อหา	///				
1.3 ความเหมาะสมของหัวข้อกับระดับผู้เรียน	/	//			
1.4 ความเหมาะสมของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	///				
1.5 ความเหมาะสมของตารางวิเคราะห์ข้อสอบ	/	//			
1.6 ความเหมาะสมของแนวการสอน		///			
ค่าเฉลี่ย = $88/18 = 4.89$	60	28	0	0	0

แบบประเมินคุณภาพของเอกสารประกอบการสอน

สำหรับอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์



คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย✓ลงในช่อง แสดงระดับความคิดเห็นของท่าน

ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดีมาก
คะแนน 4	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดี
คะแนน 3	หมายถึง	มีคุณภาพระดับพอใช้
คะแนน 2	หมายถึง	มีคุณภาพระดับต้องปรับปรุง
คะแนน 1	หมายถึง	มีคุณภาพระดับใช้ไม่ได้

รายการประเมินเอกสารประกอบการสอน	ระดับของคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหา					
1.1 ความเหมาะสมของเวลาเรียนกับเนื้อหา	//	/			
1.2 ความสอดคล้องของเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้	///				
1.3 ความเหมาะสมของเนื้อหา	//	/			
1.4 การจัดเรียงลำดับเนื้อหามีความต่อเนื่อง	/	//			
1.5 ความถูกต้องเนื้อหา	///				
1.6 รายละเอียดของเนื้อหาไม่เพียงพอ	///				
2. แบบฝึกหัดและเฉลยแบบฝึกหัด					
2.1 ความชัดเจนของคำถาม	///				
2.2 ความเหมาะสมของแบบฝึกหัดกับระดับผู้เรียน	/	//			
2.3 แบบฝึกหัดมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	///				
2.4 ความสะดวกในการใช้งาน	///				
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน					
3.1 ความชัดเจนของการให้คะแนน	///				
3.2 ความเหมาะสมของแบบทดสอบ	//	/			
3.3 ความชัดเจนของคำถาม	///				
3.4 ตัวเลขและคำตอบเหมาะสม	//	/			
ค่าเฉลี่ย = $202/42 = 4.81$	170	32			

แบบประเมินคุณภาพของสื่อการสอนด้านเทคนิค

สำหรับอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

เรื่อง ปริมาณเวกเตอร์ บทเรียนเวกเตอร์และองค์ประกอบของเวกเตอร์

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย✓ลงในช่อง แสดงระดับความคิดเห็นของท่าน
ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน 5	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดีมาก
คะแนน 4	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดี
คะแนน 3	หมายถึง	มีคุณภาพระดับพอใช้
คะแนน 2	หมายถึง	มีคุณภาพระดับต้องปรับปรุง
คะแนน 1	หมายถึง	มีคุณภาพระดับใช้ไม่ได้

รายการประเมินสื่อการสอนด้านเทคนิค	ระดับของคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. สื่อการสอน Power Point					
2.1 ความเหมาะสมของเทคนิคการนำเสนอ	///				
2.2 ความเหมาะสมของสีและขนาดของตัวอักษร		///			
2.3 เนื้อหาคอบคลุมตามจุดประสงค์การสอน	///				
2.4 ความเหมาะสมปริมาณเนื้อหาในแต่ละจอภาพ	///				
2.5 มีความน่าสนใจ สีชวนอ่านของแผ่นสไลด์	//				
2.6 เนื้อหาในแต่ละจอภาพสื่อความหมายได้ชัดเจน	//	/			
2.7 ความถูกต้องของภาษาที่เขียน		///			
2.8 ความชัดเจนของภาษาที่อธิบายเนื้อหา	/	//			
2.9 ความสอดคล้องของภาพกับเนื้อหา	//	/			
2.10 ความชัดเจนของภาพประกอบ	//	/			
2. สื่อชุดสาธิตการทดลอง					
2.1 ความชัดเจนของจุดประสงค์การทดลอง	///				
2.2 ความเหมาะสมของเนื้อหาสาระ	/	//			
2.3 ภาษาในการเขียนขั้นตอนการทดลองเข้าใจง่าย		///			
2.4 ความเหมาะสมของตารางบันทึกผล	//	/			
2.5 ความสะดวกในการใช้งาน	///				
2.6 ความรวดเร็วในการวัด	//	/			
ค่าเฉลี่ย = $217/48 = 4.52$	145	72			

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาได้เสนอแนะการสอนในแผนการสอนว่าควรใช้การเริ่มต้นการสอนด้วยการตั้งปัญหาให้ผู้เรียนคิดแล้วนำไปสู่การแก้ปัญหาด้วยการเริ่มต้นการสอน



ภาคผนวก ง.

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



ตารางที่ 5 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

คนที่ N	X ₁	X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²	คนที่ N	X ₁	X ₂	X ₁ ²	X ₂ ²
1	18	17	324	289	16	12	9	144	81
2	17	16	289	256	17	12	9	144	81
3	17	16	289	256	18	12	8	144	64
4	17	15	289	225	19	11	8	121	64
5	17	15	289	225	20	11	8	121	64
6	16	14	256	196	21	10	8	100	64
7	16	13	256	169	22	9	8	81	64
8	16	13	256	169	23	9	7	81	49
9	16	13	256	169	24	9	7	81	49
10	16	13	256	169	25	8	7	64	49
11	15	12	225	144	26	8	7	64	49
12	14	12	196	144	27	8	7	64	49
13	13	12	169	144	28	7	6	49	36
14	13	11	169	121	29	7	6	49	36
15	13	10	169	100	30	7	6	49	36
						374	313	5044	3611

คะแนนรวมของกลุ่มทดลอง = 374 คะแนน คะแนนเฉลี่ยกลุ่มทดลอง $\bar{X}_1 = 12.47$ คะแนน

คะแนนรวมของกลุ่มควบคุม = 313 คะแนน คะแนนเฉลี่ยกลุ่มควบคุม $\bar{X}_2 = 10.43$ คะแนน

N = จำนวนผู้ทำข้อสอบกลุ่มละ = 30 คน

ΣX_1^2 = ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสองของกลุ่มทดลอง = 5044

ΣX_2^2 = ผลรวมคะแนนแต่ละคนยกกำลังสองของกลุ่มควบคุม = 3611

$$S = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{(30)(5044) - (374)^2}{30(30-1)}} = \sqrt{13.15} = 3.63$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(30)(3611) - (313)^2}{30(30-1)}} = \sqrt{11.91} = 3.45$$

การทดสอบความเท่ากันของค่าความแปรปรวน

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{13.15}{11.91} = 1.10$$

จากการเปิดตารางที่ $\alpha = \frac{.05}{2} = .025$ เมื่อ $df_1 = 30 - 1 = 29$ และ $df_2 = 30 - 1 = 29$

ได้ค่า $F = 2.10$ \therefore ค่า F ที่คำนวณ = 1.10 มีค่าน้อยกว่าค่า F จากตาราง = 2.10 แสดงว่าค่าความแปรปรวนของกลุ่มทั้งสองเท่ากัน

การทดสอบความแตกต่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งสองกลุ่ม

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

$$t = \frac{12.47 - 10.43}{\sqrt{\frac{(30-1)(13.15) + (30-1)(11.91)}{30+30-2} \left[\frac{1}{30} + \frac{1}{30} \right]}} = \frac{2.04}{0.84} = 2.43$$

จากตารางแจกแจงที่ $df = 30+30-2$ คือ 58 มีค่าที่ระดับ 0.025 ได้ค่า $t = 2.00$

ค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า t จากตาราง จึงแสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวสิริน สิริระชนกุล
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Sirin Sirathanakul
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 41306 00002 201
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
 - ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
 - คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
 - โทรศัพท์ : 02-9132424 ต่อ 137
 - โทรสาร : 02-913-2424 ต่อ 105
 - ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ Sir_Lsci@yahoo.com
5. ประวัติการศึกษา
 - การศึกษาระดับบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 - การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
 - ไม่มี
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
 - การศึกษาผลการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา เรื่องงาน กำลัง และพลังงาน ปีการศึกษา 2530
 - การศึกษาความพึงพอใจต่อการให้บริการสวัสดิการร้านอาหารของนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2543
 - การสร้างเครื่องมือวัดอัตราเร็วเสียงในอากาศ ตีพิมพ์ที่วารสาร “ราชมงคลวิชาการ 44” กรุงเทพมหานคร 2544
 - การสร้างบทเรียนสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง “การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยกราฟ” ได้รับทุนจากงบประมาณเงินผลประโยชน์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2554