

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

THE DEVELOPMENT OF A VECTOR ANALYSIS COMIC OF
THE 2002 CURRICULUM IN DIPLOMA COURSE NAMEDLY
ELECTROMAGNETIC FIELD OF RAJAMANGALA
INSTITUTE OF TECHNOLOGY



อวยชัย ยาทองชัย
AUYCHAI YATONGCHAI

กพ.
๐๔๖๗
๒๕๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 61618
วัน,เดือน,ปี 19 ก.ค. 2549

b. 11600342
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ISBN 974-15-2614-8

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE DEVELOPMENT OF A VECTOR ANALYSIS COMIC OF
THE 2002 CURRICULUM IN DIPLOMA COURSE NAMEDLY
ELECTROMAGNETIC FIELD OF RAJAMANGALA
INSTITUTE OF TECHNOLOGY**



**A THESIS SUBMITTED PRATIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN
ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ถูกต้องเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ชื่อนักศึกษา	นายอวยชัย ขางไชย
รหัสประจำตัว	45063301
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2549
ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 30 คน ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อโดยใช้หลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ และหลักการสร้างการ์ตูนแบบเรื่องสั้น เพื่ออธิบายเนื้อหาเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์การสอน

ผลการประเมินคุณภาพสื่อหนังสือการ์ตูน โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านสื่อและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.08 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.26

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ เมื่อทำการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนเสร็จแล้ว ผลการทดลองปรากฏว่า การสอนด้วยหนังสือการ์ตูนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05

Thesis Title The Development of A Vector Analysis Comic of The 2002 Curriculum in Diploma Course Namely Electromagnetic Field of Rajamangala Institute of Technology

Student Mr. Auychai Yatongchai

Student ID. 45063301

Degree Master of Science in Industrial Education

Programme Electrical Communications Engineering

Year 2006

Thesis Advisor Assoc. Prof. Visuit Sunthonkanokpong
Assist. Prof. Peerawut Suwanjan

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a comic book titled vector analysis, Electromagnetic field subject, as a teaching material. The research also studied students' attitude and the comparison of the students' achievement between pre-test and post-test using the comic. The sampling were 30 higher certificate vocational students whose major was electronics. The comic book was developed based on knowledge of principle of media producing and short story producing to create a context of vector analysis according to its teaching objectives.

The comic book was proved and evaluated by professional specialists of teaching aids and teaching material technique producing, and the comic had a good quality for 4.08 by mean. The students' attitude towards studying after using the comic was in a high level for 4.21 by mean and 0.26 by standard deviation.

The comparison of the students' achievement between pre-test and post-test revealed that after using the comic, the students' achievement was significantly enhanced at the .05 level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจากอาจารย์ผู้ควบคุม วิทยานิพนธ์ รศ. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ และ ผศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้าง ในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสองท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับ ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาทุกท่าน อาจารย์โกศล ตราฐู อาจารย์บัญชา แสตนโตดา และอาจารย์วรรณชาติ เทศวัฒน์ ที่ได้ให้การอนุเคราะห์ประเมินคุณภาพสื่อ ตลอดจน ข้อมูล และเอกสารต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อทุกท่าน นายวิจิต อุดสาหกรรมกิจบรรณาธิการ หนังสือการ์ตูนชายหัวเราะ สำนักพิมพ์บ้านสื่อสาสน์ นายวรวุฒิ วรวิทยานนท์ บรรณาธิการบริหาร หนังสือการ์ตูนไทยคอมมิค สำนักพิมพ์วิบูลย์กิจ และ คร.ชนบทร วงภาพสินธุ์ อาจารย์ประจำ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร ที่ได้ให้การอนุเคราะห์ประเมินคุณภาพด้านเทคนิค การผลิตสื่อ ตลอดจนข้อมูล ๆ ที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา รศ.ว่าที่ รท.พิชัย สดภิบาล และ รศ.ณรงค์ อาจฤทธิ ที่สละเวลา และให้ข้อเสนอแนะที่ดีในการ สอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร บัณฑิตศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่แสนอบอุ่นของข้าพเจ้า ที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุก ๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อวยชัย ยารงไชย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ศึกษาหลักสูตรรายวิชา.....	7
2.2 ทฤษฎีเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์.....	10
2.3 หลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ.....	29
2.4 การสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์.....	35
2.5 รูปแบบการสอน PSI (Personalized System of Instruction).....	39
2.6 ความพึงพอใจ.....	42
2.7 การสร้างแบบทดสอบ.....	44
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	52
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	52
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	67
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	68
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย	68
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
4.1 ผลการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนประเภทหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์ เวกเตอร์วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....	72
4.2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการ วิเคราะห์ เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....	76
4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับ การทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....	79
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	80
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	83
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	87
บรรณานุกรม.....	89
ภาคผนวก.....	92
ภาคผนวก ก หนังสือเรียนเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ.....	93
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล.....	96
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพสื่อด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	98
ภาคผนวก ง แบบประเมินความพึงพอใจ.....	105
ภาคผนวก จ แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์กับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้.....	109

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	114
ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	128
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างการออกแบบตัวละคร และการเขียนสตอรี่บอร์ดและสคริปต์.....	145
ภาคผนวก ฅ หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....	154
ประวัติผู้เขียน.....	212



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งหน่วย บทเรียน และหัวข้อ.....	9
2.2 วัตถุประสงค์การสอน.....	10
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์ สามมิติแกนประสานทรงกระบอก.....	26
2.4 ผลลัพธ์การคูณแบบคอกของเวกเตอร์หน่วยระบบเวกเตอร์สามมิติแกน ประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก.....	26
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์ สามมิติแกนประสานทรงกลม.....	28
2.6 ผลลัพธ์การคูณแบบคอกของเวกเตอร์หน่วยระบบเวกเตอร์สามมิติแกน ประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม.....	28
3.1 การแบ่งหน่วยการเรียนรู้.....	56
3.2 วัตถุประสงค์การเรียนรู้.....	57
3.3 ข้อตอนและความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องกับวัตถุประสงค์การสอน.....	58
3.4 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์.....	62
4.1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูนตามระดับความคิดเห็น.....	73
4.2 การประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน ตามระดับความคิดเห็น.....	74
4.3 ประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูนตามระดับความคิดเห็นทั้งฉบับ.....	76
4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน.....	76
4.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการ ทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์.....	79

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	เวกเตอร์สองตัวสามารถบวกกันได้โดยอาศัยหลักพีชคณิต.....11
2.2	เวกเตอร์หน่วยในระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม.....12
2.3	การบวกเวกเตอร์แบบหางต่อหัว.....13
2.4	การบวกเวกเตอร์.....13
2.5	การลบเวกเตอร์ด้วยนิเสธของเวกเตอร์.....14
2.6	การลบเวกเตอร์.....14
2.7	ทิศทางผลคูณ $\vec{A} \times \vec{B}$ โดยยึดหลักการชันสกรูเข้าเนื้อไม้.....16
2.8	ปริมาตรลูกบาศก์ของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเท่ากับ $\vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C})$17
2.9	ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม.....19
2.10	ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก กำหนดว่า $\hat{a}_\rho, \hat{a}_\phi$ และ \hat{a}_z หน่วยเวกเตอร์ของทิศทาง ρ ทิศทางมุม ϕ และทิศทาง z20
2.11	รายละเอียดของเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมกำหนด $\hat{a}_r, \hat{a}_\theta$ และ \hat{a}_ϕ เป็นเวกเตอร์หน่วย23
2.12	ความสัมพันธ์ระหว่างระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์ สามมิติแกนประสานทรงกระบอก.....25
2.13	ความสัมพันธ์ระหว่างระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์ สามมิติแกนประสานทรงกลม.....26
2.14	แผนภาพแสดงการวางแผนอย่างเป็นระบบ.....29
2.15	ตัวอย่างบอร์ดสำหรับเสียบการ์ดและการ์ด.....34
2.16	การเขียนสกริปต์อย่างง่าย.....35
2.17	อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวาดภาพการ์ด.....38
3.1	แผนผังการสร้างสื่อต้นฉบับหนังสือการ์ตูน.....54
3.2	แผนผังการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....61
3.3	แผนผังการสร้างแบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....64
3.4	แผนผังการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์ เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า.....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ขอบต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ได้เน้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและได้รับความสะดวกในการเรียน เช่น ในมาตรา 22 กล่าวว่า “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถจะเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาได้ตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ” มาตรา 24(5) การจัดการกระบวนการเรียนรู้ ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ ทั้งนี้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ จากมาตรา 22, 24 (5) ที่กล่าวมานี้ จะเห็นว่าหลักการจัดการศึกษาตาม พ.ร.บ. แห่งชาติฉบับนี้ เป็นการจัดการศึกษาโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง จากสื่อประเภทต่างๆ ที่ผู้สอนได้จัดทำขึ้น

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอนด้วยการ์ตูนอยู่บ้างในการเรียนระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และระดับอุดมศึกษา มีการใช้การ์ตูนเป็นภาพประกอบในสื่อประเภท สไลด์ ซึ่งส่วนมากจะใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาภาษาไทย ภาษาอังกฤษ พุทธศาสนา และสังคมศึกษา เป็นต้น มีผู้วิจัยหลายท่านได้ใช้การ์ตูนเป็นสื่อการเรียนการสอน เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และยังทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น เช่น ชีระวุฒิ สุวรรณกฎ ชาตรี ลามะไห และศิริพร จันทร์ยวงษ์

จากเหตุผลข้างต้นจึงทำให้ผู้วิจัยต้องการสร้างสื่อการเรียนการสอนที่อยู่ในรูปแบบของหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ด้วยจากการสังเกตผู้เรียนในระดับปริญญาตรี และต่ำกว่าปริญญาตรีโดยส่วนมากจะมีความชอบในการอ่านหนังสือการ์ตูน เพราะให้ความบันเทิง และจินตนาการ จากการสำรวจความสนใจและความนิยมในการอ่านหนังสือของเด็กและเยาวชนไทยของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ พบว่าร้อยละ 96 ของเด็กและเยาวชนไทยชอบหนังสือประเภทการ์ตูน (สังเขต นาคไพจิตร. 2546) และวัยรุ่นไทยร้อยละ 90 ต่างก็ชอบอ่านการ์ตูนที่แปลมาจากภาษาญี่ปุ่น (ลลิตา ยวนากร. 2546) ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการ์ตูน ถ้าสามารถนำการ์ตูนมาถ่ายทอดเนื้อหาด้านวิชาการที่เป็นวิชาคำนวณได้ ดังเช่นการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแทรกเนื้อหาสาระที่สำคัญผนวกเข้ากับความบันเทิง ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนลดความเครียดในการเรียนลงได้ ที่สำคัญเรื่องราวที่ถูกเรียบเรียงขึ้นอาจทำให้ผู้เรียนจดจำเนื้อหาได้ดีขึ้นและเกิดการอ่านซ้ำ ถ้าการ์ตูนให้สนุกเพลิดเพลินและน่าติดตาม จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนา

และสร้างสื่อประเภทหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้ เพราะเรื่องการวิเคราะห์ เวกเตอร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในหน่วยเรียนอื่นๆ โดยมีการประเมินผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของผู้เรียนระหว่าง แบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบชนิดปรนัย เพื่อเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจทำการพัฒนาและศึกษาผลการเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

1.2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยผู้วิจัย ได้ตั้งสมมติฐานสำหรับการวิจัยดังนี้

1.3.1 หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพระดับดีขึ้นไป จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

1.3.2 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในระดับมาก

1.3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ระดับนัยสำคัญ .05

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการทำวิจัยผู้วิจัยได้ยึดกรอบแนวความคิดในการจัดทำวิจัยการพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแบ่งกรอบแนวความคิดเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้ หลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ หลักการสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้น และรูปแบบการสอน

1.4.1 หลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ มีขั้นตอนดังนี้ (วิภา อุคมฉันท. 2544 : 1-12)

- 1.4.1.1 การวางแผน
- 1.4.1.2 หลักการ
- 1.4.1.3 ความยาว
- 1.4.1.4 การเลือกใช้สื่อให้เหมาะกับงาน
- 1.4.1.5 ข้อมูลและทีมงาน
- 1.4.1.6 การจัดเนื้อหา
- 1.4.1.7 สตอรี่บอร์ด และสคริปต์

1.4.2 หลักการสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้น มีขั้นตอนดังนี้ (The society for the study of manga. 2545 ข : 10)

- 1.4.2.1 การจำกัดตัวละคร
- 1.4.2.2 แก่นของเรื่องสั้น
- 1.4.2.3 การวาดงานต้นฉบับ
- 1.4.2.4 การพัฒนาหน้ากระดาษจากสคริปต์เป็นการ์ตูน
- 1.4.2.5 จำนวนหน้าที่เหมาะสม
- 1.4.2.6 กฎของเฟรมขั้นพื้นฐาน

1.4.3 รูปแบบการสอน PSI (Personalized System of Instruction) หรือ เคลเลอร์แพลน (Keller Plan) มีขั้นตอนการใช้ดังนี้ (สุรางค์ โท้วตระกูล. 2545 : 353)

- 1.4.3.1 เขียนวัตถุประสงค์จากการวิเคราะห์เนื้อหาของวิชาที่จะสอน และจัดหน่วยเรียน
- 1.4.3.2 เลือกตำราและหนังสืออ่านประกอบ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์การสอนที่จะใช้
- 1.4.3.3 เลือกวิธีการที่จะใช้วัสดุอุปกรณ์การสอน รวมทั้งการทดลอง
- 1.4.3.4 สร้างข้อทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 1.4.3.5 แสดงปาฐกถาและแสดงตัวอย่าง หรือเป็นผู้นำการอภิปราย
- 1.4.3.6 เป็นผู้ตัดสินในกรณีที่ผู้คุมสอบและนักศึกษาตกลงกันไม่ได้

1.4.4 การวัดความพึงพอใจ

นภการณ์ ทักษิณนิมิต (2542 : 5-6) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจเป็นการประเมินทัศนคติของบุคคล โดยอธิบายว่าทัศนคติ (Attitude) เป็นการประเมินความพึงพอใจและความไม่พอใจของไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุคคล ความรู้สึกและแนวโน้มของการปฏิบัติที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะที่พอใจหรือไม่พอใจ
ทัศนคติประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1.4.4.1 ส่วนของความรู้สึก (Affective Component) เป็นส่วนของทัศนคติที่สะท้อนถึง
ความรู้สึกหรืออารมณ์ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

1.4.4.2 ส่วนความเข้าใจ (Cognitive Component) เป็นส่วนของทัศนคติซึ่งแสดงถึง
การรู้จักและความรู้ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

1.4.4.3 ส่วนของพฤติกรรม (Behavioral Component) เป็นส่วนของทัศนคติที่
สะท้อนถึงความตั้งใจในการกระทำ และความคาดหวังของพฤติกรรม ตลอดจนการสะท้อน
แนวโน้มของการปฏิบัติ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้าการวิจัย ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

1.5.1 หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สร้างขึ้นตาม
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบัน
เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเภทช่างอุตสาหกรรม

1.5.2 เนื้อหาที่นำมาทำต้นฉบับหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชา
สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล: 2545)
การวิเคราะห์แวกเตอร์

1) ปริมาณสเกลาร์และปริมาณแวกเตอร์

1.1 ปริมาณสเกลาร์

1.2 ปริมาณแวกเตอร์

2) กฎเกณฑ์พีชคณิตแวกเตอร์

2.1 การบวกและการลบแวกเตอร์

2.2 การคูณแวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์

2.3 ส่วนประกอบของแวกเตอร์และแวกเตอร์หน่วย

2.4 ผลคูณเชิงสเกลาร์

2.5 ผลคูณเชิงแวกเตอร์

3) ระบบแวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงแบบต่าง ๆ

3.1 ระบบแวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม

3.2 ระบบแวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอกและการแปลงระบบ

3.3 ระบบแวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมและการแปลงระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ทำการเรียนการสอนในสายช่างอุตสาหกรรม ได้แก่ วิทยาเขตขอนแก่น วิทยาเขตสกลนคร และ วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2548 จำนวนทั้งหมด 150 คน

1.5.4 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร ที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน โดยได้จากวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีดังนี้

1.6.1 การวิเคราะห์เวกเตอร์ หมายถึง เนื้อหาของหน่วยเรียนในวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กระทรวงศึกษาธิการ

1.6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้รับการเรียนรู้ในเรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยการแปลความหมายจากคะแนนของแบบทดสอบข้อเขียนชนิดปรนัยของนักศึกษา จากการทดสอบหลังเรียน และการทดสอบก่อนเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

1.6.3 นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2548

1.6.4 หนังสือการ์ตูน หมายถึง ภาพการ์ตูนเรื่องสั้นบรรยายเนื้อหาเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

1.6.5 การเรียนด้วยสื่อหนังสือการ์ตูน หมายถึง การเรียนการสอนด้วยสื่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งนักศึกษสามารถปรึกษากันได้ ผู้สอนสามารถให้คำแนะนำและสรุปเนื้อเรื่องให้แก่นักศึกษาได้

1.6.6 ความพึงพอใจ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน ที่มีทัศนคติต่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

1.6.7 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดข้อสอบแบบปรนัยเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.8 แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง คุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินให้กับหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

1.6.9 ต้นฉบับ หมายถึง ภาพวาดการ์ตูนต้นแบบเรื่องสั้นอธิบายเนื้อหา เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัย แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รูปแบบการเรียนการสอนและการพัฒนาสื่อการสอนด้วยหนังสือการ์ตูน ตามลำดับดังนี้

- 2.1 ศึกษาหลักสูตรรายวิชา
- 2.2 ทฤษฎีเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์
- 2.3 หลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ
- 2.4 การสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์
- 2.5 รูปแบบการสอน PSI (Personalized System of Instruction)
- 2.6 ความพึงพอใจ
- 2.7 การสร้างแบบทดสอบ
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษาหลักสูตรรายวิชา

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ได้จัดทำหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรปรับปรุงพุทธศักราช 2545 มีรายละเอียดดังนี้ (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2545)

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสและชื่อวิชา 04-202-205 สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Field)
2. สภาพรายวิชา วิชาชีพเลือก ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
3. ระดับรายวิชา ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2
4. เวลาศึกษา 54 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 3 คาบ และปฏิบัติ - คาบต่อสัปดาห์ และนักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
5. จำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต
6. จุดมุ่งหมายรายวิชา
 1. เข้าใจปริมาณเวกเตอร์และปริมาณสเกลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แอมแปร์ สมการพัวของคูลอมบ์ และสมการลาปลาซ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เข้าใจพลังงานและศักย์ไฟฟ้าวิธีการนำไฟฟ้าของตัวนำ
ไดอิเล็กตริก และคาปาซิแตนซ์
4. กำหนดค่าปริมาณทางไฟฟ้าในระบบจตุรกรรูปทรงต่าง ๆ
5. เข้าใจคุณสมบัติของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิต สารแม่เหล็ก
และความเหนี่ยวนำ
6. เข้าใจเกี่ยวกับสนามแปรเปลี่ยนตามเวลาและสมการแมกเวลล์
7. มีทัศนคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

8. คำอธิบายรายวิชา ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณแวกเตอร์และปริมาณสเกลาร์ กฎของกูลอมบ์ กฎของเกาส์ ทฤษฎีไดเวอร์เจน กฎของแอมแปร์ สมการพัวซงค์ สมการลาปลาซ พลังงานและศักย์ไฟฟ้า ตัวนำ ไดอิเล็กตริก และคาปาซิแตนซ์ ปริมาณทางไฟฟ้าในระบบจตุรกรรูปทรงต่าง ๆ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิต สารแม่เหล็กและความเหนี่ยวนำ สนามแปรเปลี่ยนตามเวลา สมการแมกเวลล์

การแบ่งหน่วย บทเรียน และหัวข้อ วิชา04-202-205 สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2545 ตลอดหลักสูตรสามารถแบ่งหน่วยเรียน ได้ทั้งหมด 7 หน่วย ประกอบไปด้วย

1. การวิเคราะห์แวกเตอร์
2. สนามไฟฟ้าสถิตในปริภูมิว่าง
3. ศักย์ไฟฟ้า
4. สนามไฟฟ้าสถิตในวัสดุตัวกลาง
5. สนามแม่เหล็กสถิตในปริภูมิว่าง
6. สนามแม่เหล็กสถิตในวัสดุตัวกลาง
7. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนตามเวลา

ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยเรียนที่ 1 เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ มาทำการแบ่งหน่วย บทเรียน และหัวข้อ และกำหนดวัตถุประสงค์การสอน เพื่อนำไปวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อทำการเขียนบทการันตุนต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งหน่วย บทเรียน และหัวข้อ

หน่วย ที่	รายการ	เวลา (50 นาที/ คาบ)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	การวิเคราะห์เวกเตอร์	9 คาบ	
	1.1 ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	50 นาที	
	1.1.1 ปริมาณสเกลาร์		
	1.1.2 ปริมาณเวกเตอร์		
	1.2 เข้าใจกฎเกณฑ์พีชคณิตเวกเตอร์	150 นาที	
	1.2.1 การบวกและการลบเวกเตอร์		
	1.2.2 การคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์		
	1.2.3 ส่วนประกอบของเวกเตอร์และเวกเตอร์หน่วย		
	1.2.4 ผลคูณเชิงสเกลาร์		
	1.2.5 ผลคูณเชิงเวกเตอร์		
	1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงแบบต่าง ๆ	250 นาที	
	1.3.1 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม		
	1.3.2 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอกและการแปลงระบบ		
	1.3.3 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมและการแปลงระบบ		

เมื่อแบ่งหน่วย บทเรียน และหัวข้อแล้ว จึงนำมาเขียนวัตถุประสงค์การสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชา 04-202-205 สนามแม่เหล็กไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 วัตถุประสงค์การสอน

หน่วยที่	รายการ	เวลา (50 นาที/คาบ)	
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1	การวิเคราะห์เวกเตอร์	9 คาบ	
	1.1 รู้ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ 1.1.1 บอกปริมาณสเกลาร์ 1.1.2 บอกปริมาณเวกเตอร์ 1.2 เข้าใจกฎเกณฑ์พีชคณิตเวกเตอร์ 1.2.1 อธิบายและคำนวณการบวกและการลบเวกเตอร์ 1.2.2 อธิบายการคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์ 1.2.3 บอกส่วนประกอบของเวกเตอร์และเวกเตอร์หน่วย 1.2.4 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงสเกลาร์ 1.2.5 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงเวกเตอร์ 1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงแบบต่างๆ 1.3.1 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกน ประสานทรงที่เหลี่ยม 1.3.2 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกน ประสานทรงกระบอกและการแปลงระบบ 1.3.3 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกน ประสานทรงกลมและการแปลงระบบ	50 นาที	150 นาที
		250 นาที	

2.2 ทฤษฎีเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์

William H. Hayt and John A. Buck(2001) และ Magdy F. Iskanda(1992) ได้เรียบเรียงทฤษฎีเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ไว้ดังนี้

2.2.1 ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์

ระบบเวกเตอร์ 3 มิติ (3-Dimensional Vector System) อย่างกระชับ พอนำช่วยในการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ วิชาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในที่นี้หมายถึงไฟฟ้าสถิต แม่เหล็ก สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงที่เกิดจากสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ศักคาไฟฟ้า พลังงาน และกำลังวัตต์ ฯลฯ เป็นต้น

2.2.1.1 ปริมาณสเกลาร์

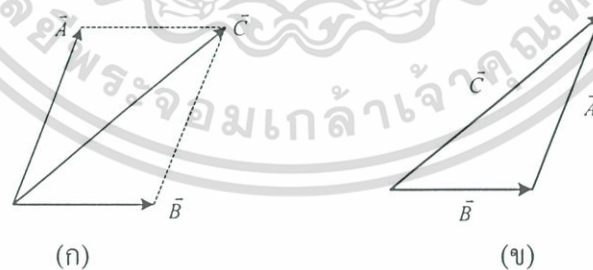
“สเกลาร์” จะหมายถึงสิ่งใด ๆ ที่มีแต่ขนาด มีแต่จำนวน มีแต่ความยาวความสั้น โดยไม่มีทิศทาง เช่น วัตถุชิ้นหนึ่งตกลงมาเป็นระยะทาง g เมตร ในเวลา x วินาที ทั้งค่า g และ x เป็นปริมาณทางสเกลาร์ทั้งสิ้น ดังอย่างที่เราเห็นกันทั่วไปที่จัดว่าเป็นปริมาณทางสเกลาร์ได้แก่ มวลสาร (mass) น้ำหนักความหนาแน่น ความกดดัน (Pressure) ปริมาณ กระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า ฯลฯ เป็นต้น

2.2.1.2 ปริมาณเวกเตอร์

“เวกเตอร์” ในความหมายทั่วไปหมายถึงเส้นตรงที่แสดงถึงระยะทางหรือขนาด พร้อมด้วยทิศทาง คำว่า “ขนาด” อาจหมายถึงความเร็ว ความเร่ง แรง ฯลฯ เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น รถยนต์แล่นด้วยความเร็ว 120 กม./ชม. การแล่นของรถยนต์ก็ต้องมีทิศทางที่จะไป เช่น ไปทางคอนเมือง ดังนั้นความเร็ว แรง อัตราเร่ง ความเข้มของสนามไฟฟ้า (electric field intensity) ฯลฯ เป็นเวกเตอร์ทั้งสิ้น อนึ่งเพื่อความสะดวก ทั้งผู้เรียนและผู้สอนจึงขอกำหนดตัวอักษรใดที่มีเครื่องหมายขีดอยู่ข้างบนเช่น \vec{A} \vec{A} และ \vec{A} ให้หมายถึง A เป็นปริมาณเวกเตอร์ คือ มีทั้งขนาดและทิศทาง

2.2.2 พีชคณิตเวกเตอร์ (Vector Algebra)

พีชคณิตเวกเตอร์ หมายถึง เวกเตอร์ทั้งหลายสามารถที่จะบวกกันได้ตามหลักพีชคณิต พิจารณาเวกเตอร์รูปที่ 2.1 จะเห็นว่า \vec{A} (อ่านว่าเวกเตอร์ \vec{A}) สามารถบวกกับ \vec{B} ได้ผลลัพธ์ เป็น \vec{C} นั่นคือ $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$ นอกจากนี้พีชคณิตเวกเตอร์ยังหมายถึง



รูปที่ 2.1 เวกเตอร์สองตัวสามารถบวกกันได้โดยอาศัยหลักพีชคณิต

สามารถนำปริมาณสเกลาร์คูณกับปริมาณเวกเตอร์ได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือขนาดของเวกเตอร์เปลี่ยนไป แต่ทิศทางของเวกเตอร์ตัวนั้นคงเดิม (ถ้าปริมาณสเกลาร์ที่นำมาคูณนั้นมีค่าเป็นบวก) สมมุติว่า $(r+s)$ เป็นปริมาณสเกลาร์ เมื่อนำมาคูณกับปริมาณเวกเตอร์ $(\vec{A} + \vec{B})$ จะได้ผลคูณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(r+s)(\vec{A}+\vec{B}) = r(\vec{A}+\vec{B})+s(\vec{A}+\vec{B}) = r\vec{A}+r\vec{B}+s\vec{A}+s\vec{B}$ จะเห็นว่าทิศทางยังเหมือนเดิม ที่เปลี่ยนไปคือขนาดของเวกเตอร์

สามารถนำปริมาณสเกลาร์ไปหารปริมาณเวกเตอร์ได้อีกด้วย ซึ่งก็เป็นผลให้ขนาดของเวกเตอร์ที่ถูกหารมีค่าเปลี่ยนไป

2.2.2.1 ส่วนประกอบของเวกเตอร์และเวกเตอร์หน่วย

คำว่าเวกเตอร์หน่วย(Unit Vector) หมายถึง ปริมาณเวกเตอร์ใด ๆ ที่มีขนาดเท่ากับหนึ่งเสมอ สมมุติว่า $\hat{a}_x, \hat{a}_y, \hat{a}_z$ เป็นเวกเตอร์หน่วยของระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม ที่มีทิศทางไปทางแกน x,y,z ตามลำดับ จะเห็นว่าเวกเตอร์หน่วยเป็นตัวเน้นทิศทางของเวกเตอร์ อย่าลืมว่าค่าของเวกเตอร์หน่วยมีขนาดเท่ากับหนึ่งเท่านั้นเอง ถ้าพิจารณาจุด $\vec{P}(1,2,3)$ ที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งอาจเขียนเป็นสมการเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$\vec{P} = 1\hat{a}_x + 2\hat{a}_y + 3\hat{a}_z$$

อนึ่งสมการของ \vec{P} ทั่วๆ ไปอาจเขียนได้ว่า

$$\vec{P} = \vec{P}_x\hat{a}_x + \vec{P}_y\hat{a}_y + \vec{P}_z\hat{a}_z \quad (2.1)$$

$$\text{เมื่อ } \vec{P}_x=1, \vec{P}_y=2, \vec{P}_z=3$$

สำหรับเทอมต่างๆ คือ $\vec{P}_x\hat{a}_x, \vec{P}_y\hat{a}_y, \vec{P}_z\hat{a}_z$ เรียกว่าส่วนประกอบของเวกเตอร์ \vec{P} (Vector Components) ค่า $\vec{P}_x, \vec{P}_y, \vec{P}_z$ เป็นขนาดของ \vec{P} ในทิศทาง $\hat{a}_x, \hat{a}_y, \hat{a}_z$ ตามลำดับ P_x, P_y, P_z เป็นค่าปริมาณสเกลาร์ สามารถหาขนาดของเวกเตอร์ได้ดังนี้

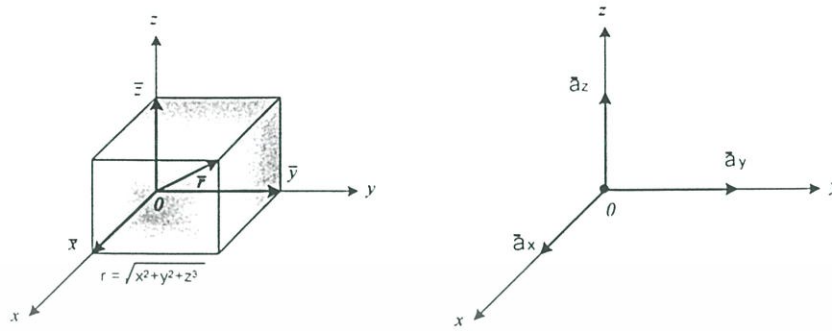
$$|\vec{P}| = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}; \quad (2.2)$$

ถ้ากำหนดให้ \hat{a}_p = เวกเตอร์หน่วย ที่อยู่ในทิศทาง \vec{P} ก็จะได้ว่า

$$\hat{a}_p = \frac{\vec{P}}{|\vec{P}|} \quad (2.3)$$

$$\hat{a}_p = \frac{\vec{P}}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}} \quad (2.4)$$

รูปที่ 2.2 ข้างล่างแสดงเวกเตอร์หน่วย \hat{a}_x , \hat{a}_y , \hat{a}_z

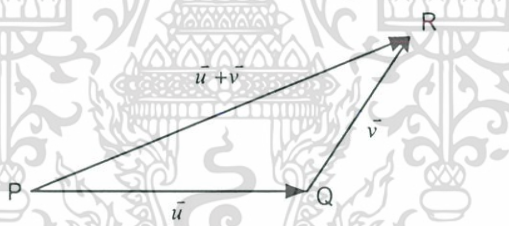


รูปที่ 2.2 เวกเตอร์หน่วยในระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม

2.2.2.2 การบวกและการลบเวกเตอร์

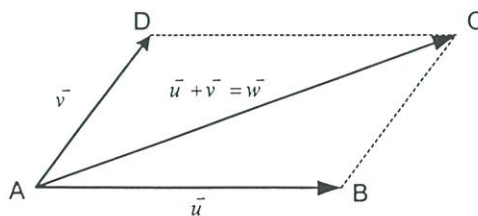
1. การบวกเวกเตอร์

วิธีที่ 1 คือการเอาหางต่อหัวแล้วได้ผลลัพธ์คือ จุดเริ่มต้นอันแรกกับจุดสิ้นสุดของอันสุดท้าย เช่น ให้ \vec{u} กับ \vec{v} เป็น เวกเตอร์ จากรูป $\vec{u} = \overline{PQ}$ และ $\vec{v} = \overline{QR}$ ดังนั้น



รูปที่ 2.3 การบวกเวกเตอร์แบบหางต่อหัว

วิธีที่ 2 ใช้จุดเริ่มต้นมาอยู่ที่เดียวกัน แล้วสร้างสี่เหลี่ยมด้านขนานขึ้นมา ผลลัพธ์คือเส้นทแยงมุมที่ลากออกจากจุดเริ่มต้น จากรูป $\vec{u} = \overline{AB}$ และ $\vec{v} = \overline{AD}$ ดังนั้น $\vec{u} + \vec{v} = \vec{w} = \overline{AC}$



รูปที่ 2.4 การบวกเวกเตอร์

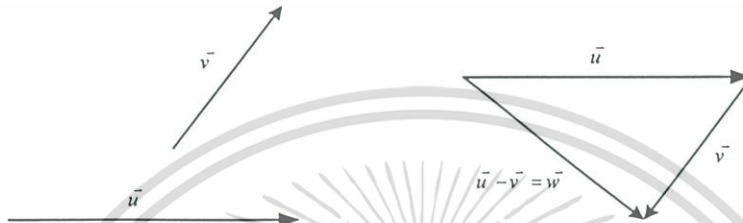
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การลบเวกเตอร์

วิธีที่ 1 $\vec{u} - \vec{v}$ หมายถึงการบวกด้วยนิเสธของตัวที่นำมาลบตั้งนั้น

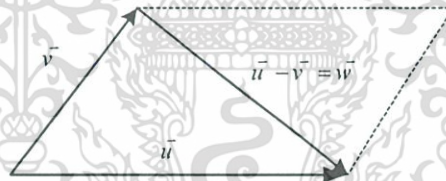
$$\vec{u} - \vec{v} = \vec{u} + (-\vec{v})$$

(2.6)



รูปที่ 2.5 การลบเวกเตอร์ด้วยนิเสธของเวกเตอร์

วิธีที่ 2 ใช้จุดเริ่มต้นอยู่ที่จุดเดียวกัน แต่ผลลัพธ์คือเส้นทแยงมุมที่เชื่อมจุดปลายทั้งสองแล้วได้ลูกศรพุ่งกลับมาที่ตัวตั้งตั้งรูป



รูปที่ 2.6 การลบเวกเตอร์

2.2.2.3 การคูณเวกเตอร์ (Vector Multiplication)

สามารถนำเวกเตอร์ทั้งหลายมาคูณเข้าด้วยกันได้ สำหรับผลคูณเวกเตอร์มีสองแบบคือ แบบดอท (dot product) และการคูณแบบครอส (cross product) ถ้าเวกเตอร์สองตัวคูณกันแบบดอท ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นปริมาณสเกลาร์คือ มีขนาดอย่างเดียว เรียกผลคูณแบบนี้เป็นภาษาอังกฤษว่า (scalar product) (ผลคูณเชิงสเกลาร์)

1. การคูณเวกเตอร์สองตัวแบบดอท

การคูณแบบดอทของเวกเตอร์สองตัว (สมมติ \vec{A} และ \vec{B}) มีสมการดังนี้

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta_{\vec{A}\vec{B}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ 1) $\vec{A} \cdot \vec{B}$ อ่านว่า \vec{A} ดอท \vec{B}

2) $\theta_{\vec{A}\vec{B}}$ เป็นมุมระหว่าง \vec{A} กับ \vec{B}

3) $\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{B} \cdot \vec{A}$ ตาม กฎ commutative law

กำหนด $\vec{A} = A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z$ และ $\vec{B} = B_x \hat{a}_x + B_y \hat{a}_y + B_z \hat{a}_z$

จะได้ $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$

ทั้งนี้ก็เพราะว่า $\cos 0^\circ = 1$ ดังนั้น $\hat{a}_x \cdot \hat{a}_x = \hat{a}_y \cdot \hat{a}_y = \hat{a}_z \cdot \hat{a}_z = 1$

และเพราะว่า $\cos 90^\circ = 0$ ดังนั้น $\hat{a}_x \cdot \hat{a}_y = \hat{a}_y \cdot \hat{a}_z = \hat{a}_z \cdot \hat{a}_x = 0$

และ $\hat{a}_y \cdot \hat{a}_x = \hat{a}_z \cdot \hat{a}_y = \hat{a}_x \cdot \hat{a}_z = 0$ เช่นกัน

ประโยชน์ของการคูณเวกเตอร์แบบดอทก็คือการหาขนาดของเวกเตอร์ในทิศทางที่กำหนดให้ เช่น จงหาขนาดของเวกเตอร์ \vec{B} ในทิศทางของ \vec{B} คือทิศทางของเวกเตอร์หน่วย \hat{a}_U ดังนั้นจะได้ว่า

$$\vec{B} \cdot \hat{a}_U = |\vec{B}| |\hat{a}_U| \cos \theta_{\vec{B} \cdot \hat{a}_U}$$

$$\vec{B} \cdot \hat{a}_U = |\vec{B}| \cdot 1 \cos \theta_{\vec{B} \cdot \hat{a}_U}$$

$$\vec{B} \cdot \hat{a}_U = |\vec{B}| \cos \theta_{\vec{B} \cdot \hat{a}_U} \quad (2.7)$$

จะเห็นว่า ผลคูณจะออกมาเป็นบวกหรือลบขึ้นอยู่กับค่า $\cos \theta_{\vec{B} \cdot \hat{a}_U}$ กล่าวคือผลคูณเป็นบวกเมื่อ $\theta_{\vec{B} \cdot \hat{a}_U} < 90^\circ$ ผลคูณจะเป็นลบเมื่อ $90^\circ < \theta_{\vec{B} \cdot \hat{a}_U} < 180^\circ$ และผลคูณจะเป็นปริมาณสเกลาร์เสมอ

2. การคูณเวกเตอร์สองตัวแบบครอส

การคูณเวกเตอร์สองตัวแบบครอสมีสมการดังนี้

$$\vec{A} \times \vec{B} = \hat{a}_n |A| |B| \sin \theta_{\vec{A}\vec{B}}$$

หมายเหตุ 1) $\vec{A} \times \vec{B}$ อ่านว่า \vec{A} ครอส \vec{B}

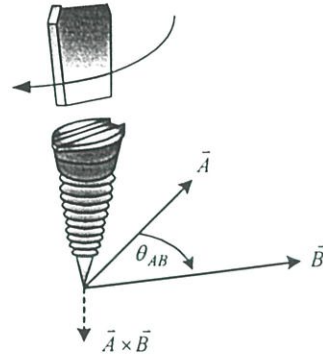
2) $\theta_{\vec{A}\vec{B}}$ เป็นมุมระหว่าง \vec{A} กับ \vec{B}

3) $\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$

4) \hat{a}_n เป็นเวกเตอร์หน่วยที่แสดงทิศทางของผลคูณ $\vec{A} \times \vec{B}$

การหาทิศทางของผลคูณของเวกเตอร์สองตัวแบบครอสให้ใช้กฎของสกรู (right-handed screw's rule) รายละเอียดดังรูป (2.7) ข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ทิศทางผลคูณ $\vec{A} \times \vec{B}$ โดยยึดหลักการขันสกรูเข้าเนื้อไม้

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นข้อเท็จจริงว่าทิศทางของ $\vec{A} \times \vec{B}$ จะไปทางการเคลื่อนที่ของสกรูที่เข้าไปในเนื้อไม้เสมอ ส่วนทิศทางของ $\vec{B} \times \vec{A}$ จะตรงกันข้ามกับ $\vec{A} \times \vec{B}$ ก็จะมีทิศทางการเคลื่อนที่ออกของสกรู ได้แก่ เวลาการคลายสกรูออกจากเนื้อไม้ สมมติกำหนดว่า

$$\vec{A} = A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z$$

$$\vec{B} = B_x \hat{a}_x + B_y \hat{a}_y + B_z \hat{a}_z$$

ดังนั้น

$$\vec{A} \times \vec{B} = A_x B_x (\hat{a}_x \times \hat{a}_x) + A_x B_y (\hat{a}_x \times \hat{a}_y) + A_x B_z (\hat{a}_x \times \hat{a}_z) + \dots + \dots$$

$$\hat{a}_x \times \hat{a}_y = \hat{a}_z, \quad \hat{a}_y \times \hat{a}_x = -\hat{a}_z,$$

$$\hat{a}_y \times \hat{a}_z = \hat{a}_x, \quad \hat{a}_z \times \hat{a}_y = -\hat{a}_x$$

$$\hat{a}_z \times \hat{a}_x = \hat{a}_y, \quad \hat{a}_x \times \hat{a}_z = -\hat{a}_y$$

$$\therefore \vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{a}_x + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{a}_y + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{a}_z$$

เพื่อให้ง่ายในการจดจำ อาจเขียนให้อยู่ในรูปของดีเทอร์มิแนนต์ นั่นคือ

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{a}_x & \hat{a}_y & \hat{a}_z \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} = (A_y B_z - A_z B_y) \hat{a}_x + (A_z B_x - A_x B_z) \hat{a}_y + (A_x B_y - A_y B_x) \hat{a}_z \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

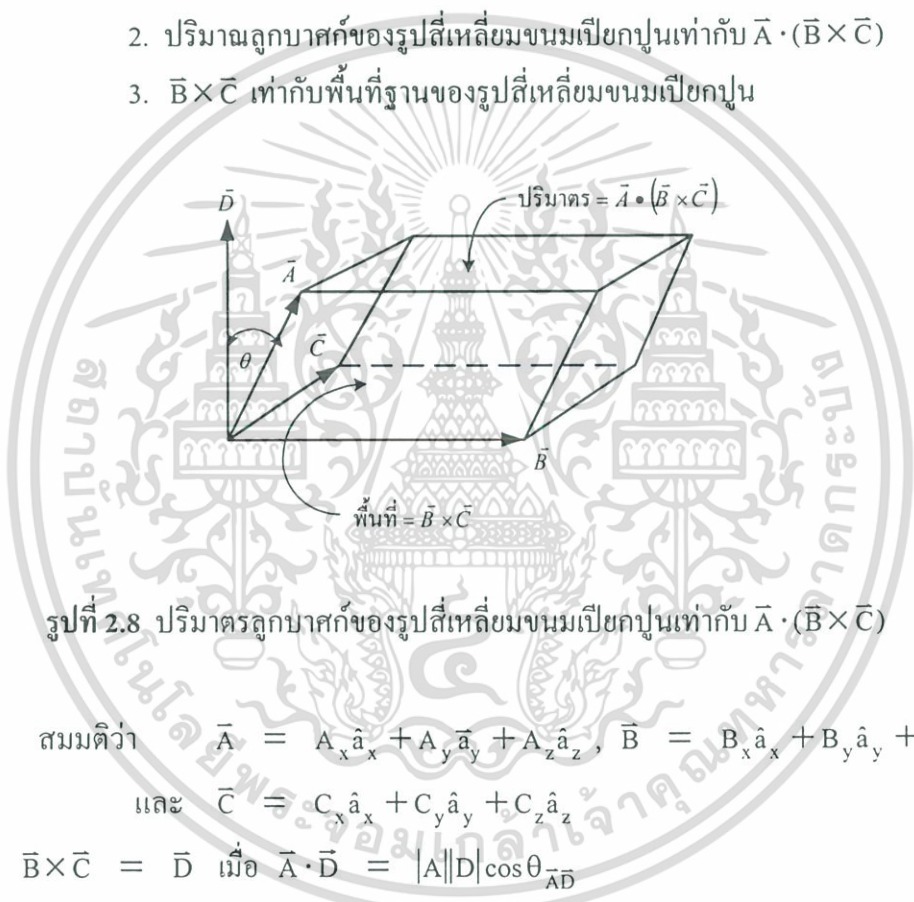
3. การคูณเวกเตอร์สามตัว (Triple vector multiplication)

การคูณเวกเตอร์สามตัวก็มีวิธีคล้าย ๆ กับหลักการคูณเวกเตอร์สองตัวดังกล่าวมาแล้ว ในหัวข้อที่ 1 และ 2 คือ การคูณแบ่งเป็นสองแบบคือ การคูณเวกเตอร์สามตัวแบบคอต และการคูณเวกเตอร์สามตัวแบบครอส

ก) การคูณสามตัวแบบคอต การคูณเวกเตอร์สามตัวแบบคอตที่มีลักษณะดังนี้คือ $\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C})$ ผลลัพธ์จะเป็นปริมาณสเกลาร์

พิจารณาจากรูปที่ 2.8 จะพบว่า

1. ทิศทาง $\vec{B} \times \vec{C}$ ไปตามทิศทางของ \vec{D} และ \vec{A} กับ \vec{D} ทำมุม θ กัน
2. ปริมาตรลูกบาศก์ของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเท่ากับ $\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C})$
3. $\vec{B} \times \vec{C}$ เท่ากับพื้นที่ฐานของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน



รูปที่ 2.8 ปริมาตรลูกบาศก์ของรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเท่ากับ $\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C})$

สมมติว่า $\vec{A} = A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z$, $\vec{B} = B_x \hat{a}_x + B_y \hat{a}_y + B_z \hat{a}_z$

และ $\vec{C} = C_x \hat{a}_x + C_y \hat{a}_y + C_z \hat{a}_z$

$\vec{B} \times \vec{C} = \vec{D}$ เมื่อ $\vec{A} \cdot \vec{D} = |\vec{A}| |\vec{D}| \cos \theta_{\vec{A}\vec{D}}$

$$\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C}) = \begin{vmatrix} A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \\ C_x & C_y & C_z \end{vmatrix} \tag{2.9}$$

$$\vec{A} \cdot (\vec{B} \times \vec{C}) = \vec{B} \cdot (\vec{C} \times \vec{A}) = -(\vec{C} \times \vec{B}) \cdot \vec{A} = -(\vec{A} \times \vec{C}) \cdot \vec{B} = -(\vec{B} \times \vec{A}) \cdot \vec{C} \tag{2.10}$$

ข) การคูณเวกเตอร์สามตัวแบบครอส มีลักษณะดังนี้ $\vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C})$ และมีสูตรสำเร็จว่า $\vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C}) = s_1 \vec{B} + s_2 \vec{C}$

$$s_1 = \pm \vec{A} \cdot \vec{C}, \quad s_2 = \pm \vec{A} \cdot \vec{B}$$

พิสูจน์

$$\begin{aligned} (\vec{B} \times \vec{C}) &= \begin{vmatrix} \hat{a}_x & \hat{a}_y & \hat{a}_z \\ B_x & B_y & B_z \\ C_x & C_y & C_z \end{vmatrix} \\ &= (B_y C_z - B_z C_y) \hat{a}_x + (B_z C_x - B_x C_z) \hat{a}_y + (B_x C_y - B_y C_x) \hat{a}_z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C}) &= \begin{vmatrix} \hat{a}_x & \hat{a}_y & \hat{a}_z \\ A_x & A_y & A_z \\ (B_y C_z - B_z C_y) & (B_z C_x - B_x C_z) & (B_x C_y - B_y C_x) \end{vmatrix} \\ \vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C}) &= (\vec{A} \cdot \vec{C}) \vec{B} - (\vec{A} \cdot \vec{B}) \vec{C} \end{aligned}$$

ทำนองเดียวกัน

$$(\vec{A} \times \vec{B}) \times \vec{C} = (\vec{A} \cdot \vec{C}) \vec{B} - (\vec{B} \cdot \vec{C}) \vec{A} \quad (2.11)$$

2.2.3 ระบบเวกเตอร์แกนประสานระบบต่าง ๆ

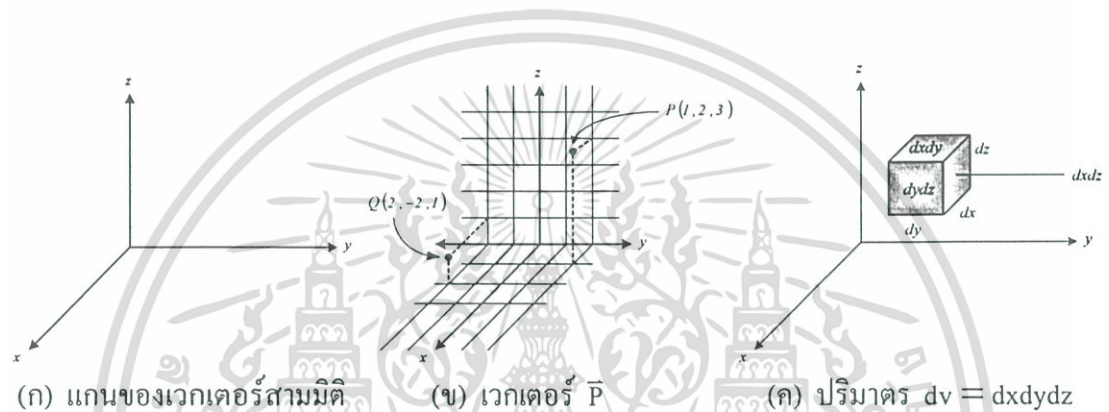
2.2.3.1 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม (Rectangular Coordinate System)

ทิศทางของเวกเตอร์เมื่อเขียนลงแผ่นกระดาษที่ดูง่าย เข้าใจง่ายก็คือ เวกเตอร์ทิศทางเดียวและสองทิศทางที่พวกเราเคยคุ้นเคยกันมา เวกเตอร์ทิศทางเดียวเกิดจากการลากเส้นลงบนแกนเดียวและกำหนดทิศทางไปตามเส้นที่ลากนั้น ส่วนเวกเตอร์สองทิศทางจะต้องลากเส้นตรงลงบนแกนสองแกน สมมติเป็นแกน ทั้งแกน x และ y ต่างก็ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ให้แกน x และ y พบกันที่จุด ๆ หนึ่งเรียกว่าจุดเริ่มต้น (origin) หนึ่งทั้งแกน x และ y อยู่ในระนาบเดียวกันด้วย เส้นตรงที่ลากระหว่างแกนทั้งสองจะมีสองทิศทางคือทิศทางหนึ่งไปแกน x อีกทิศทางหนึ่งไปทิศทางแกน y ถ้ากำหนดให้ x อยู่ในแนวแกนนอน แกน y อยู่ในแนวตั้ง ก็จะเกิดทิศในแนวนอนและแนวตั้ง

เวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมจะมีแกนอยู่สามแกน สมมุติแกน x แกน y และแกน z ให้ถือว่าแต่ละแกนคือระนาบ (Plane) หนึ่ง ดังนั้นสามแกนจึงมีสามระนาบ แต่ละระนาบเป็นระนาบที่สามมิติและมีพื้นที่ในสามมิติเหมือนกัน และมีจุดกำเนิดของระบบเป็นหนึ่งในการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระนาบจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน จากคำอธิบายที่เพิ่งผ่านมาย่อมเขียนเวกเตอร์แกนประสานทรงสี่เหลี่ยมได้ดังเช่นรูปที่ 2.9

เพื่อเป็นการนำเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมดังกล่าวไปใช้สะดวก ง่ายแก่การจดจำ ให้ใช้กฎมือขวา (right-handed screw's rule) โดยการชูนิ้วสามนิ้วของมือขวาได้แก่นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ให้นิ้วทั้งสามทำมุมกัน 90° เริ่มต้นที่นิ้วหัวแม่มือแทนแกน x นิ้วชี้แทนแกน y และนิ้วกลางแทนแกน z ให้นิ้วมือไปตามเข็มนาฬิกา จะเห็นว่าถ้าเริ่มต้นจากแกน x หมุนไปหาแกน y จะมีทิศทางไปในแนวแกน z ทำนองเดียวกันจากแกน y ไปหาแกน z จะมีทิศทางไปในแนวแกน x และจากแกน z ไปหาแกน x จะมีทิศทางไปทางแกน y



รูปที่ 2.9 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม

จากรูป 2.9 (ข) พิจารณาจุด $P(1,2,3)$ หมายถึงจุด P อยู่ที่ระนาบ $x=1$ ระนาบ $y=2$ และ $z=3$ เขียนสั้น ๆ ว่า $x=1, y=2, z=3$ จะเห็นว่าจุด P เป็นจุดที่อยู่มุม ๆ หนึ่งของปริมาตรลูกบาศก์ทรงสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง x ยาว y หนา เท่ากับ $1 \times 2 \times 3 = 6$ ลูกบาศก์เมตร ถ้าลากเส้นตรงจากจุดเริ่มต้น (origin) ตรงไปยังจุด P จะได้เส้นตรง OP ซึ่งเป็นเส้นทแยงมุมของปริมาตรลูกบาศก์ทรงสี่เหลี่ยมดังกล่าว ถ้าให้เส้นตรง OP เป็นเวกเตอร์ เขียนว่า \vec{P} ก็จะมีทิศทางถึงสามทิศทาง คือ ทิศทางไปหา x, y และ z ตามลำดับ

ถ้าให้ $v =$ ปริมาตรของลูกบาศก์ทรงสี่เหลี่ยมก็จะได้ว่า

$$v = xyz \text{ ลูกบาศก์เมตร (ม}^3\text{)}$$

หรือ $dv = dx dy dz$

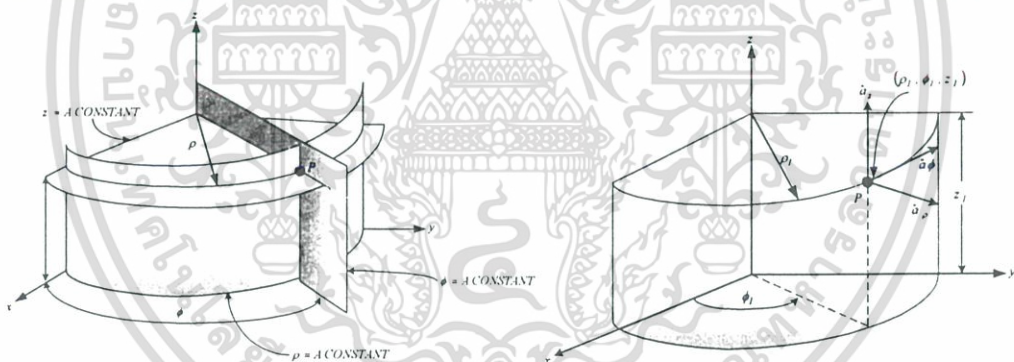
$$\text{และหรือ} \quad v = \int_0^z \int_0^y \int_0^x dx dy dz \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate System)

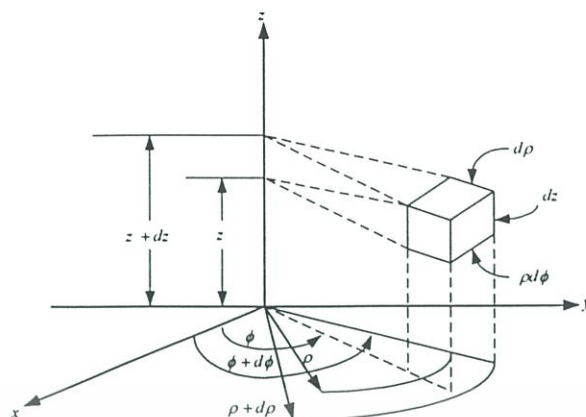
หัวข้อนี้ขอแนะนำให้ผู้รู้จักระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก ซึ่งเป็นระบบเวกเตอร์ที่ใช้ช่วยอธิบายปรากฏการณ์ของปริมาณเวกเตอร์ใด ๆ ที่อยู่ในหรือนอกรูปลูกบาศก์ทรงกระบอก เช่น ความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากจำนวนประจุไฟฟ้าที่อยู่ภายนอกหรือภายในรูปทรงกระบอกใด ๆ ปริมาณเวกเตอร์ ณ จุดใด ๆ ที่ผิวของลูกบาศก์ทรงกระบอกจะมีทิศทางด้านสามทิศทางด้วยกันคือ ทิศทางไปตามรัศมีของทรงกระบอก ทิศทางตั้งฉากกับมุม ϕ หรือทิศทางที่สัมผัสกับผิวของทรงกระบอก และทิศทางที่สามคือ ทิศทางไปตามความยาวของทรงกระบอก จะเห็นว่าขณะนี้เกิดมีระนาบเกิดขึ้นสามระนาบแล้ว จากรูป 2.10 (ก) ประกอบได้แก่ระนาบ cylindrical ρ ระนาบ ϕ และระนาบ z ทั้งสามระนาบดังกล่าวต่างก็ตั้งฉากซึ่งกันและกัน สำหรับทิศทางทั้งสามคือ ทิศทางของรัศมี ρ จะตั้งฉากกับกับระนาบ Cylindrical ρ ทิศทาง ϕ ตั้งฉากกับระนาบ ϕ และทิศทาง z ตั้งฉากกับระนาบ z

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่า เมื่อเทียบกับระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมแล้ว จะเห็นว่าระนาบ ϕ จะทำมุม ϕ องศากับแกน x เสมอ นอกจากนี้ระนาบ ϕ และระนาบ Cylindrical ρ จะตั้งฉากกับแกน x และแกน y ต่ำลำดับ สุดท้ายระนาบ z ก็ตั้งฉากกับแกน z



(ก) ระนาบของแกนประสานทรงกระบอก (ข) องค์ประกอบของเวกเตอร์

รูปที่ 2.10 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก กำหนดให้ \hat{a}_ρ , \hat{a}_ϕ และ \hat{a}_z เป็นเวกเตอร์หน่วยของทิศทาง ρ ทิศทางมุม ϕ และทิศทาง z



(ค) องค์ประกอบของปริมาตรย่อยๆ บนระบบแกนประสานทรงกระบอก

รูปที่ 2.10 (ต่อ)

กำหนดว่า \hat{a}_ρ คือ เวกเตอร์หน่วยในทิศทางแกนรัศมี ρ

\hat{a}_ϕ คือ เวกเตอร์หน่วยในทิศทางมุม ϕ

\hat{a}_z คือ เวกเตอร์หน่วยอยู่ในทิศทาง z

เพื่อให้จำง่ายควรใช้กฎมือขวา โดยชูนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางออกมา ให้นิ้วทั้งสามทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน กำหนดนิ้วหัวแม่มือคือทิศทางรัศมี ρ นิ้วชี้แทนทิศทาง ϕ และนิ้วกลางแทนทิศทาง z ให้หมุนมือขวาไปตามเข็มนาฬิกา เริ่มต้นที่ทิศทาง ρ ไปยังทิศทาง ϕ และไปยังทิศทาง z ตามลำดับ

เมื่อกำหนดค่า ρ, ϕ, z เป็นค่าคงที่ใดๆ แล้ว ก็สามารถหาเวกเตอร์ที่จุดนั้นได้ เช่นจากรูปที่ 2.10 (ข) กำหนดว่าจุด P อยู่ที่ $\rho = \rho_1, \phi = \phi_1, z = z_1$ เขียนย่อว่า $P(\rho_1, \phi_1, z_1)$

จะได้สมการของเวกเตอร์ \vec{P} คือ

$$\vec{P} = \rho_1 \hat{a}_\rho + \phi_1 \hat{a}_\phi + z_1 \hat{a}_z$$

ทั่วไปเขียนว่า $\vec{P} = P_\rho \hat{a}_\rho + P_\phi \hat{a}_\phi + P_z \hat{a}_z$ P_ϕ เป็นค่า radian

พิจารณารูป 1.6 (ข) จะพบว่า เวกเตอร์หน่วย \hat{a}_ρ ณ จุด $P(\rho_1, \phi_1, z_1)$ จะพุ่งออกไปตั้งฉากกับผิวของลูกบาศก์ทรงกระบอกซึ่งมีรัศมี $\rho = \rho_1$ และ \hat{a}_ρ จะอยู่บนระนาบ $\phi = \phi_1$ ทิศทางของอยู่ติดเวกเตอร์ \hat{a}_ϕ จะไปทางมุม ϕ ที่มีค่าเพิ่มในทางบวก นอกจากนี้ \hat{a}_ϕ จะอยู่บนระนาบ $\phi = \phi_1$ และสัมผัสกับผิวลูกบาศก์ทรงกระบอก $\rho = \rho_1$ สุดท้ายเวกเตอร์หน่วย \hat{a}_z ก็เหมือนกับ \hat{a}_z ในระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม กล่าวคือทิศทางของ \hat{a}_z ณ จุด $P(\rho_1, \phi_1, z_1)$ จะพุ่งออกไปข้างบนโดยทำมุม 90 องศากับระนาบ $z = z_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้ระบบการคูณเวกเตอร์แบบครอสจะได้ว่า

$$\hat{a}_\rho \times \hat{a}_\phi = \hat{a}_z ; \hat{a}_\phi \times \hat{a}_\rho = -\hat{a}_z , \hat{a}_\phi \times \hat{a}_z = \hat{a}_\rho ; \hat{a}_z \times \hat{a}_\phi = -\hat{a}_\rho$$

และ $\hat{a}_z \times \hat{a}_\rho = \hat{a}_\phi ; \hat{a}_\rho \times \hat{a}_z = -\hat{a}_\phi$

เมื่อใช้ระบบการคูณเวกเตอร์แบบคอตจจะได้ว่า

$$\hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_\rho = \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_\phi = \hat{a}_z \cdot \hat{a}_z = 1 ,$$

$$\hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_\phi = \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_z = \hat{a}_z \cdot \hat{a}_\rho = 0$$

$$\hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_\rho = \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_\phi = \hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_z = 0$$

รูป 2.10 (ค) แสดงปริมาตร (volume) ของลูกบาศก์ทรงกระบอก เมื่อระนาบ Cylindrical ρ เพิ่มเป็นระนาบ $\rho + d\rho$ ระนาบ ϕ เพิ่มเป็นระนาบ $\phi + d\phi$ และระนาบ z เพิ่มเป็นระนาบ $z + dz$ ดังนั้นจะได้ปริมาตรข้อมีค่าดังนี้

$$dv = \rho d\rho d\phi dz$$

ส่วนที่ผิวของรูปทรงกระบอกทั้ง 3 ด้านได้แก่

พื้นที่ $dS_1 = \rho d\phi dz$ จะมีทิศทางไปทาง \hat{a}_ρ คือ $d\vec{S} = \rho d\phi dz \hat{a}_\rho$

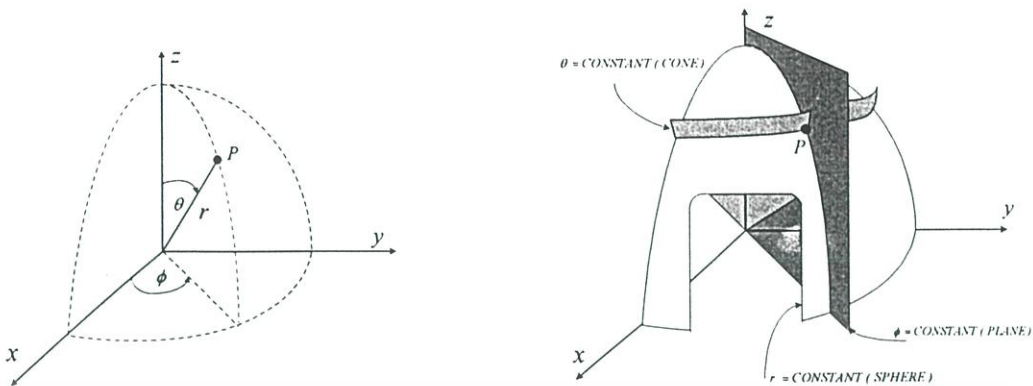
พื้นที่ $dS_2 = d\rho dz$ จะมีทิศทางไปทาง \hat{a}_ϕ คือ $d\vec{S} = d\rho dz \hat{a}_\phi$

พื้นที่ $dS_3 = \rho d\rho d\phi$ จะมีทิศทางไปทาง \hat{a}_z คือ $d\vec{S} = \rho d\rho d\phi \hat{a}_z$

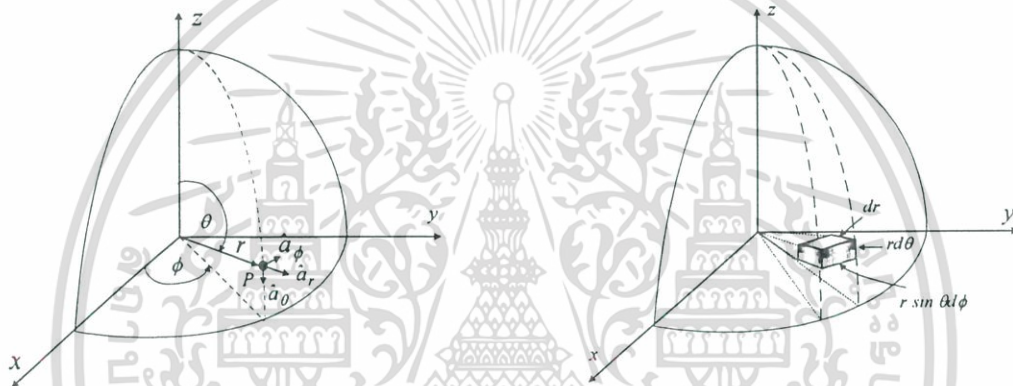
2.2.3.3 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม (Spherical Coordinate System)

ระบบเวกเตอร์สามมิติอีกระบบหนึ่งที่มีความสำคัญไม่แพ้ระบบเวกเตอร์ทั้งสองที่

ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ๆ นั่นคือระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม พิจารณารูป 2.11 เริ่มต้นที่รูป 2.11 (ก) ก่อน จะเห็นว่า ณ จุด P ซึ่งอยู่ที่ผิวทรงกลมรัศมีเท่ากับ r มุม θ เท่ากับ θ° และมุม ϕ เท่ากับ ϕ° หนึ่งมุม θ เป็นมุมระหว่างแกน z กับเส้นตรงที่ลากจากจุดเริ่มต้น (origin) ไปยังจุด P เส้นตรงเส้นนี้คือรัศมีของทรงกลมที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดเริ่มต้นนั่นเอง อาจเขียนย่อ ๆ ว่า $P(r, \theta, \phi)$ เมื่อถึงจุดนี้ขอให้พิจารณารูป 2.11 (ก) และ (ข) ควบคู่กันไป ก็จะเห็นว่า มีระนาบเกิดขึ้น 3 ระนาบ ได้แก่ ระนาบ Spherical r คือผิวของทรงกลมทั้งหมด ระนาบที่สองคือ ระนาบ conical θ ได้แก่ พื้นที่ผิวของทรงกรวย



(ก) องค์ประกอบของระบบแกนประสานทรงกลม (ข) ระนาบบนระบบแกนประสานทรงกลม



(ค) องค์ประกอบของเวกเตอร์หน่วย (ง) องค์ประกอบของปริมาตรย่อย ๆ

รูปที่ 2.11 รายละเอียดของเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมกำหนด $\hat{a}_r, \hat{a}_\theta, \hat{a}_\phi$ เป็นเวกเตอร์หน่วย

ระนาบสุดท้ายคือ ระนาบ ϕ ซึ่งคล้ายกับระนาบ θ ในระบบเวกเตอร์สามมิติ ที่ใช้กับลูกบาศก์ทรงกระบอก อนึ่งระนาบที่สามได้แก่ ระนาบ Spherical ρ ระนาบ coical θ และระนาบ ϕ ดังกล่าวนั้นก็ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ต่อไปพิจารณา รูป 2.11(ค) ณ จุด $P(r, \theta, \phi)$ จะเห็นว่าเวกเตอร์หน่วย \hat{a}_r จะพุ่งออกไปตั้งฉากกับระนาบ spherical r เสมอ (สมมติรัศมีมีค่าคงที่ ส่วนเวกเตอร์หน่วย \hat{a}_θ จะมีทิศทางไปทางมุม θ ที่เพิ่มในทางบวก) สำหรับเวกเตอร์หน่วย \hat{a}_ϕ จะตั้งฉากกับระนาบ ϕ (ให้มุม ϕ คงที่) สัมผัสกับพื้นที่ผิวของทรงกลมและมีทิศทางไปทางมุม ϕ ที่เพิ่มขึ้นทางบวกเมื่อใช้มือขวาเป็นหลักจะได้ว่า

ระนาบที่หนึ่งคือ แกนรัศมี r มี \hat{a}_r เป็นเวกเตอร์หน่วย

ระนาบที่สองคือ แกน θ มี \hat{a}_θ เป็นเวกเตอร์หน่วย

ระนาบที่สามคือ แกน ϕ มี \hat{a}_ϕ เป็นเวกเตอร์หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้หลักการคูณเวกเตอร์แบบครอส จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\hat{a}_r \times \hat{a}_\theta = \hat{a}_\phi ; \hat{a}_\theta \times \hat{a}_r = -\hat{a}_\phi , \hat{a}_\theta \times \hat{a}_\phi = \hat{a}_r ; \hat{a}_\phi \times \hat{a}_\theta = -\hat{a}_r$$

และ $\hat{a}_\phi \times \hat{a}_r = \hat{a}_\theta ; \hat{a}_r \times \hat{a}_\phi = -\hat{a}_\theta$

และใช้หลักการคูณคูณเวกเตอร์แบบดอท จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

$$\hat{a}_r \cdot \hat{a}_r = \hat{a}_\theta \cdot \hat{a}_\theta = \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_\phi = 1 \text{ และ } \hat{a}_r \cdot \hat{a}_\theta = \hat{a}_\theta \cdot \hat{a}_\phi = \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_r = 0$$

หมายเหตุ สมการต่างๆ ไปของ $P(r, \theta, \phi)$ เขียนได้ดังนี้

$$\vec{P} = P_r \hat{a}_r + P_\theta \hat{a}_\theta + P_\phi \hat{a}_\phi \quad (2.13)$$

รูปที่ 2.11 (ง) แสดงการหาปริมาตรและพื้นที่ผิวของรูปลูกบาศก์ทรงกลม จะเห็นว่า ปริมาตรคือ $dv = r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi$ ไม่มีทิศทาง
พื้นที่ผิวคือ $dS_1 = r^2 \sin\theta d\theta d\phi$ มีทิศทางไปทาง \hat{a}_r คือ $d\vec{S} = r^2 \sin\theta d\theta d\phi \hat{a}_r$
 $dS_2 = r \sin\theta dr d\phi$ มีทิศทางไปทาง \hat{a}_θ คือ $d\vec{S} = r \sin\theta dr d\phi \hat{a}_\theta$
และ $dS_3 = r dr d\theta$ มีทิศทางไปทาง \hat{a}_ϕ คือ $d\vec{S} = r dr d\theta \hat{a}_\phi$

2.2.3.4 การแปลงพิกัดระบบเวกเตอร์สามมิติ

ในการเปลี่ยนระบบเวกเตอร์ใด ๆ ในหัวข้อ (2.2.3.1) (2.2.3.2) และ (2.2.3.3) ไปสู่อีกระบบหนึ่งในสามระบบดังกล่าว เช่น เปลี่ยนจากระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม ไปสู่ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม เป็นต้น

การเปลี่ยนระบบเวกเตอร์จากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่งก็เพื่อวัตถุประสงค์สำคัญเพียงอย่างเดียวคือ พยายามทำสิ่งที่ยากให้ดูง่าย เพราะตามข้อเท็จจริงแล้วระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมนั้น ดูจะมองเข้าใจง่ายกว่าระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมอยู่สักนิดหน่อย อย่างไรก็ตามบางครั้งการเปลี่ยนจากระบบหนึ่งไปอีกระบบหนึ่งก็ไม่มีประโยชน์อะไร ฉะนั้นก็ควรพิจารณาเป็นเรื่อง ๆ ไป

1. ความสัมพันธ์ระหว่างระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับแกนประสานทรงกระบอก

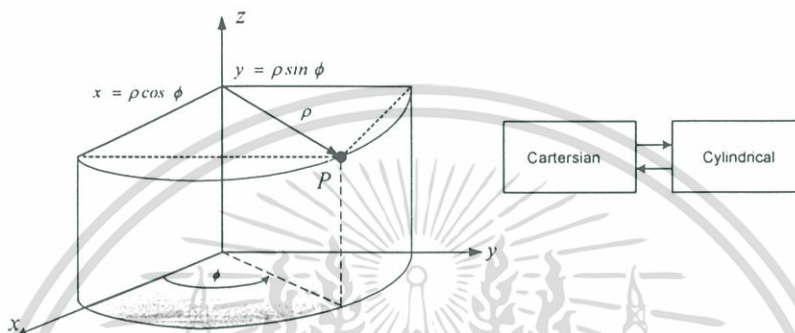
สมมุติว่า \vec{A} เป็นเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม คือ

$$\vec{A} = A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z$$

เมื่อ A_x, A_y, A_z เป็นฟังก์ชัน ของตัวแปรคือ x, y, z ซึ่งค่า A_x, A_y, A_z จะต้องถูกเปลี่ยนไปอยู่ในระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก ซึ่งค่า A_ρ, A_ϕ, A_z เป็นฟังก์ชันของตัวแปร ρ, ϕ, z ตามลำดับ

พิจารณารูปที่ 2.12 จะเห็นว่า ณ จุด $P(x, y, z)$ และ $P(\rho, \phi, z)$ จะได้ว่า

$$x = \rho \cos \phi, \quad y = \rho \sin \phi \quad \text{และ} \quad z = z$$



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก

หมายเหตุ ค่า z ทั้งสองระบบไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าค่า z ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนระบบเวกเตอร์ระหว่างเวกเตอร์แกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับแกนประสานทรงกระบอก

ในการเปลี่ยนจากระบบหนึ่งไปอีกระบบหนึ่ง ให้ใช้หลักการคูณเวกเตอร์แบบดอทช่วยการเปลี่ยนระบบเวกเตอร์แกนประสานทรงสี่เหลี่ยมเป็นระบบเวกเตอร์แกนประสานทรงกระบอกนั้น จะต้องหาค่า A_ρ, A_ϕ ที่อยู่ในเทอมของ A_x, A_y ด้วย สำหรับค่า A_z ไม่เกี่ยวข้อง นั่นคือ A_z คงที่

$$\begin{aligned} \therefore A_\rho &= \vec{A} \cdot \hat{a}_\rho = (A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z) \cdot (\hat{a}_\rho) \\ &= A_x \hat{a}_x \cdot \hat{a}_\rho + A_y \hat{a}_y \cdot \hat{a}_\rho + A_z \hat{a}_z \cdot \hat{a}_\rho \end{aligned}$$

$$\text{จากรูปที่ 2.12 พบว่า} \quad \hat{a}_x \cdot \hat{a}_\phi = -\sin \phi \quad \hat{a}_y \cdot \hat{a}_\phi = \cos \phi \quad \text{และ} \quad \hat{a}_z \cdot \hat{a}_\phi = 0$$

$$\therefore A_\phi = -A_x \sin \phi + A_y \cos \phi$$

หมายเหตุ รายละเอียดเพิ่มเติมให้ดูตารางที่ 2.3 และ 2.4 เป็นหลัก

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก

Cartesian to cylindrical	cylindrical to Cartesian
$x = \rho \cos \phi$	$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$
$y = \rho \sin \phi$	$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$
$z = z$	$z = z$
$A_\rho = A_x \cos \phi + A_y \sin \phi$	$A_x = A_\rho \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} - A_\phi \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$
$A_\phi = -A_x \sin \phi + A_y \cos \phi$	$A_y = A_\rho \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} + A_\phi \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$
$A_z = A_z$	$A_z = A_z$

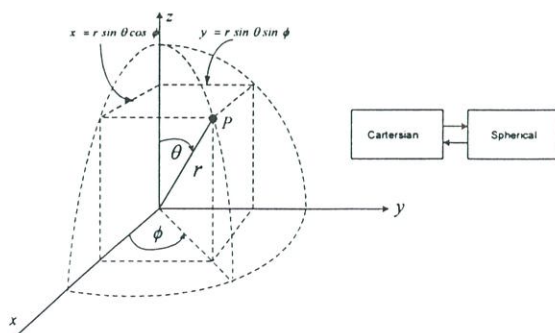
ตารางที่ 2.4 ผลลัพธ์การคูณแบบดอทของเวกเตอร์หน่วยระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก

	\hat{a}_ρ	\hat{a}_ϕ	\hat{a}_z
$\hat{a}_x \cdot$	$\cos \phi$	$-\sin \phi$	0
$\hat{a}_y \cdot$	$\sin \phi$	$\cos \phi$	0
$\hat{a}_z \cdot$	0	0	1

2. ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม สมมติ \vec{A} เป็นเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมคือ

$$\vec{A} = A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z \text{ และเวกเตอร์ที่ใช้กับแกนประสานทรงกลม}$$

$$\vec{K} = A_r \hat{a}_r + A_\theta \hat{a}_\theta + A_\phi \hat{a}_\phi \tag{2.14}$$



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณารูปที่ 2.13 จะเห็นว่า $x = r \sin \theta \cos \phi$, $y = r \sin \theta \sin \phi$, $z = r \cos \theta$
 แสดงว่า ตัวแปร x, y, z ของรูปลูกบาศก์ทรงสี่เหลี่ยม อยู่ในเทอมของตัวแปร r, θ, ϕ
 ของรูปลูกบาศก์ทรงกลม และจาก 2.13 จะพบอีกว่า

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$\cos \theta = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

$$\tan \phi = \frac{y}{x}$$

นั่นแสดงว่าตัวแปร r, θ, ϕ อยู่ในเทอม x, y, z เมื่อประสงค์จะเปลี่ยนระบบเวกเตอร์
 สามมิติแกนประสานทรงกลมไปเป็นระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม ก็ต้องเปลี่ยน
 ค่า A_r, A_θ, A_ϕ ของเวกเตอร์ \vec{K} ให้อยู่ในเทอมของ A_x, A_y, A_z ด้วย
 นั่นคือจะได้

$$A_r = \vec{A} \cdot \hat{a}_r = (A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z) \cdot \hat{a}_r$$

$$= A_x \hat{a}_x \cdot \hat{a}_r + A_y \hat{a}_y \cdot \hat{a}_r + A_z \hat{a}_z \cdot \hat{a}_r$$

$$A_\theta = \vec{A} \cdot \hat{a}_\theta = (A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z) \cdot \hat{a}_\theta$$

$$= A_x \hat{a}_x \cdot \hat{a}_\theta + A_y \hat{a}_y \cdot \hat{a}_\theta + A_z \hat{a}_z \cdot \hat{a}_\theta$$

$$A_\phi = \vec{A} \cdot \hat{a}_\phi = (A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z) \cdot \hat{a}_\phi$$

$$= A_x \hat{a}_x \cdot \hat{a}_\phi + A_y \hat{a}_y \cdot \hat{a}_\phi + A_z \hat{a}_z \cdot \hat{a}_\phi$$

และจากรูป 2.13 พบว่า

$$\hat{a}_x \cdot \hat{a}_r = \sin \theta \cos \phi \quad \hat{a}_x \cdot \hat{a}_\theta = \cos \theta \cos \phi \quad \hat{a}_x \cdot \hat{a}_\phi = -\sin \phi$$

$$\hat{a}_y \cdot \hat{a}_r = \sin \theta \sin \phi \quad \hat{a}_y \cdot \hat{a}_\theta = \cos \theta \sin \phi \quad \hat{a}_y \cdot \hat{a}_\phi = \cos \phi$$

$$\hat{a}_z \cdot \hat{a}_r = \cos \theta \quad \hat{a}_z \cdot \hat{a}_\theta = -\sin \theta \quad \hat{a}_z \cdot \hat{a}_\phi = 0$$

$$\therefore A_r = A_x \sin \theta \cos \phi + A_y \sin \theta \sin \phi + A_z \cos \theta$$

$$A_\theta = A_x \cos \theta \cos \phi + A_y \cos \theta \sin \phi + A_z \sin \theta$$

$$A_\phi = -A_x \sin \phi + A_y \cos \phi$$

$$\text{นั่นคือ} \quad \vec{K} = A_r \hat{a}_r + A_\theta \hat{a}_\theta + A_\phi \hat{a}_\phi$$

$$= (A_x \sin \theta \cos \phi + A_y \sin \theta \sin \phi + A_z \cos \theta) \hat{a}_r$$

$$+ (A_x \cos \theta \cos \phi + A_y \cos \theta \sin \phi + A_z \sin \theta) \hat{a}_\theta$$

$$+ (-A_x \sin \phi + A_y \cos \phi) \hat{a}_\phi$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ดูรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับทรงกลมได้จากตาราง 2.5 และ 2.6 ข้างล่าง

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม

Cartesian to spherical	Cartesian to spherical
$x = r \sin \theta \cos \phi$	$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$
$y = r \sin \theta \sin \phi$	$\theta = \cos^{-1} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$
$z = r \cos \theta$	$\phi = \tan^{-1} \frac{y}{x}$
$A_r = A_x \sin \theta \cos \phi + A_y \sin \theta \sin \phi + A_z \cos \theta$	$A_x = \frac{A_r x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} + \frac{A_\theta xz}{\sqrt{(x^2 + y^2)(x^2 + y^2 + z^2)}} + \frac{A_\phi y}{\sqrt{x^2 + y^2}}$
$A_\theta = A_x \cos \theta \cos \phi + A_y \cos \theta \sin \phi - A_z \sin \theta$	$A_y = \frac{A_r y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} + \frac{A_\theta yz}{\sqrt{(x^2 + y^2)(x^2 + y^2 + z^2)}} + \frac{A_\phi x}{\sqrt{x^2 + y^2}}$
$A_\phi = -A_x \sin \phi + A_y \cos \phi$	$A_z = \frac{A_r z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} - \frac{A_\theta (x^2 + y^2)}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}}$

ตารางที่ 2.6 ผลลัพธ์จากการคูณแบบคอตของเวกเตอร์หน่วยระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมกับเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม

	\hat{a}_r	\hat{a}_θ	\hat{a}_ϕ
$\bar{a}_x \cdot$	$\sin \theta \cos \phi$	$\cos \theta \cos \phi$	$-\sin \phi$
$\bar{a}_y \cdot$	$\sin \theta \sin \phi$	$\cos \theta \sin \phi$	$\cos \phi$
$\bar{a}_z \cdot$	$\cos \theta$	$-\sin \theta$	0

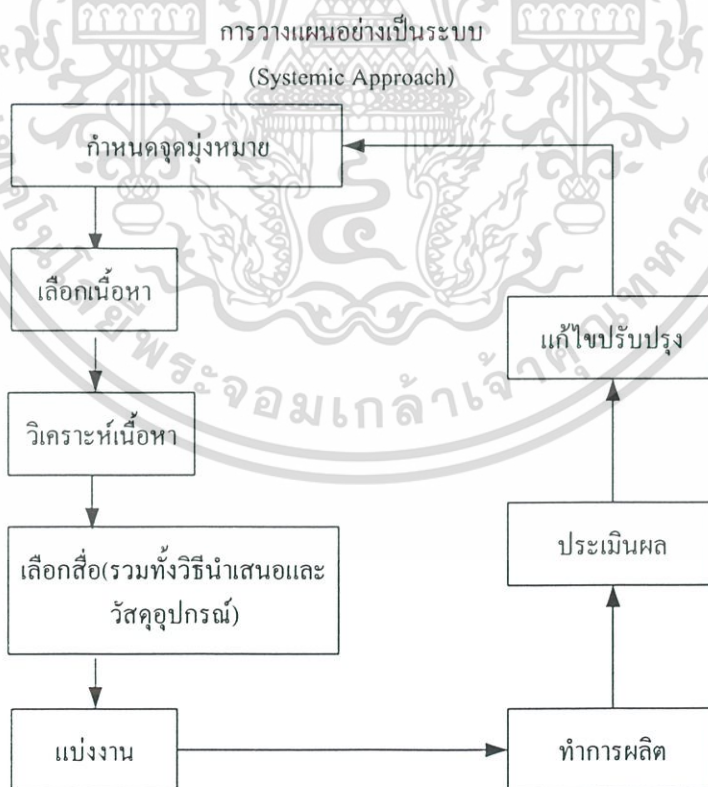
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ

2.3.1 การวางแผน (planning)

เรามากได้ยินคำกล่าวที่ว่า “ การวางแผนที่ดีเป็นแม่ของความสำเร็จ ” คำกล่าวนี้บ่งบอกถึงความสำคัญของการวางแผน ขณะเดียวกันก็เป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าการวางแผนเป็นศิลปะที่ต้องการความสามารถ ความฉลาดปราดเปรื่อง และความพิถีพิถันเป็นอย่างสูง กล่าวในแง่ของการผลิตสื่อ การวางแผน คือกระบวนการตั้งแต่การตั้งเป้าประสงค์ การคัดเลือกเนื้อหา การคัดเลือกสื่อ การกำหนดรูปแบบ วิธีการนำเสนอ การเตรียมการผลิตทุกขั้นตอน การจัดหาและบริหารบุคลากรจัดเตรียมงบประมาณ การปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนถึงการเผยแพร่และใช้สื่อที่ผลิตออกมา ทั้งหมดนี้รวมอยู่ใน การวางแผน ซึ่งเป็นภาระหน้าที่ขั้นแรกสุดของผู้รับผิดชอบการผลิตหรือ ผู้อำนวยการผลิตสื่อ (วิภา อุดมฉันท. 2544 : 1-12)

ยกเว้นสื่อง่ายๆ ผลิตเพื่อใช้เองส่วนตัวแล้ว การผลิตสื่อทุกชนิดที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเผยแพร่ เช่น สื่อเพื่อการเรียนการสอน สื่อประชาสัมพันธ์ สื่อเพื่อมวลชน ฯลฯ ล้วนมีขอบข่ายการผลิต กิจกรรมการผลิตที่กว้างขวางเกี่ยวข้องกับบุคคลและเงินทุนจำนวนมากแต่ไม่ว่าขอบข่ายและขนาดของโครงการจะใหญ่หรือเล็ก ผู้รับผิดชอบการผลิตจะต้องคำนึงถึงทรัพยากรทั้งหมดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์และวางแผนการผลิตอย่างเป็นระบบ



รูปที่ 2.14 แสดงการวางแผนอย่างเป็นระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลักการ

เป็นหลักการพื้นฐานของการวางแผนเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตอยู่ที่ตัวผู้ผลิต ซึ่งจะต้องตอบคำถาม 4ข้อให้กระจ่างชัดก่อน คำถามทั้ง 4 เรียกว่า 3W1H ได้แก่ Why? – Who? – What? – How?

2.3.2.1 Why : วัตถุประสงค์อะไร

ก่อนอื่นใดทั้งหมด ผู้ผลิตจะต้องแจ่มชัดในตนเองว่ามีมูลเหตุจูงใจที่เป็นจริง และมองเห็นความจำเป็นที่จะทำการผลิต กล่าวในแง่ของการผลิตสื่อก็คือ “ วัตถุประสงค์ในการผลิตสื่อครั้งนี้คืออะไร ” เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เพื่อประชาสัมพันธ์องค์กร เพื่อโฆษณา โน้มน้าวใจ เพื่อให้ความบันเทิง และเพื่อบอกกล่าวแจ้งข่าวสาร ฯลฯ

การกำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนตั้งแต่ต้น มีผลต่อแนวทาง (approach) ที่ใช้ นำทางสื่อ นั้นๆ เช่น หากต้องการใช้เป็นสื่อการเรียน แนวทางของสื่อจะต้องเน้นผลที่ได้จากการเรียนรู้ ใช้ทฤษฎี การเรียนรู้ (learning theory) เข้มงวดในความถูกต้องของข้อมูล ใช้ภาษาที่ถูกหลักวิชาการแต่ก็ ต้องไม่ลืมหลักจิตวิทยาผู้รับสาร คือ ทำการเรียนเป็นเรื่องสนุก ตรงกันข้าม หากต้องการผลิตสื่อ เพื่อให้ความบันเทิงแนวทางของสื่อจะกลับไปอีกขั้วหนึ่ง เน้นรูปแบบการนำเสนอที่กระตุ้นความ สนใจ เร้าอารมณ์ และผ่อนคลาย ขณะที่สื่อเพื่อการประชาสัมพันธ์และโฆษณาจะให้ความสำคัญ เป็นพิเศษกับการนำเสนอที่มีพลังโน้มน้าวใจ (persuasive power) เพื่อผลต่อการเปลี่ยนแปลงทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้รับ ข้อเท็จจริงจึงกลายเป็นเรื่องจริง

2.3.2.2 Who : เพื่อใคร

- คำถามต่อมาก็คือ ผลิตสื่อนี้เพื่อใคร ใครคือผู้ชมที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย
- เด็ก วัยรุ่น นักเรียน
- ครู อาจารย์ ปัญญาชน
- ผู้ใหญ่อายุ 30 ปีขึ้นไป
- คนชรา คนพิการ ผู้ด้อยโอกาส
- ฯลฯ

การวิเคราะห์ผู้รับสารเป็นหลักการสำคัญที่สุดข้อหนึ่งของศาสตร์ว่าด้วยการสื่อสารมวลชน ผู้ผลิตหรือผู้ส่งสารจะต้องระบุผู้รับสารกลุ่มเป้าหมายของตนให้ชัดเจน ยิ่งจำแนกแยกแยะได้ละเอียดเท่าใดก็ยิ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตมากเท่านั้น โดยเฉพาะผู้รับสารกลุ่มเด็ก ซึ่งการพัฒนาทางวุฒิภาวะ มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในช่วงอายุที่ห่างกันเพียงปีสองปี สื่อเพื่อเด็กก่อนวัยเรียนกับสื่อเพื่อเด็ก อายุ 7 ขวบต้องออกแบบให้ต่างกัน ถ้าผู้ผลิตต้องการเน้นประสิทธิผลสูงสุดของสื่อ

พิจารณาในฐานะผู้รับสาร คนทุกคนมีลักษณะพิเศษเฉพาะของตนเอง (personal attribute) ซึ่งถูกกำหนดมาจากพื้นฐานของชีวิตส่วนตัว หน้าที่การงานฐานะทางเศรษฐกิจและสังคม ลักษณะเฉพาะทำให้คนแต่ละคนมีรสนิยม ความชอบ ทัศนคติ ความเชื่อ และค่านิยมต่อสิ่งต่างๆ ไม่เหมือนกัน เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนเวียนสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับถูกดูเินไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในทางนิเทศศาสตร์ ผู้รับสารแต่ละคนเป็นผู้ถอดรหัสสาร (decode) ที่สื่อนำเสนอ หมายความว่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ส่งสารหรือผู้ผลิตสื่อเป็นผู้ใส่รหัส (encode) ลงไปในสารของตน ผ่านเทคนิคการผลิตทุกอย่าง อาทิ การคัดเลือกภาพ การลงเสียง การใส่ดนตรี คำบรรยาย เทคนิคมุกตลก สีแสง ฯลฯ ในความพยายามที่จะให้สารของตนสื่อความหมายไปถึงผู้รับสารตามที่ผู้ผลิตต้องการ อย่างไรก็ตาม ความพยายามดังกล่าวจะบรรลุผลหรือไม่ ธรรมชาติของผู้รับสารมีส่วนสำคัญไม่น้อย เพราะผู้รับสารมักใช้ความชอบหรือไม่ชอบ ความเชื่อ ทศนคติความคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นปัจจัยภายในของแต่ละคนในการ “ถอดรหัส” สารนั้น ๆ บ่อยครั้งเราจะพบว่าสารอย่างเดียวกัน ผู้รับสารสืบทอดความหมายหรืออ่านสารไม่เหมือนกันเป็นสิบอย่าง นี่คือเหตุผลว่าเหตุใดผู้ผลิตสื่อจึงต้องรู้ให้แน่ชัดว่าสื่อของเขาใครจะเป็นผู้ถอดรหัส

2.3.2.3 What : เรื่อง / เนื้อหาอะไร

เมื่อรู้กลุ่มผู้รับสารที่เป็นเป้าหมายแน่นอนแล้ว ก็ต้องกำหนดเนื้อหาสาระที่จะนำเสนอ ทั้งนี้โดยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้แต่ต้น

ไม่มีใครต้องการผลิตสื่อที่ไม่มีคนดู เรามีวัตถุประสงค์หรือแรงจูงใจที่ต้องการผลิตชัดเจนแล้ว กำหนดรู้แล้วว่าจะให้ใครเป็นผู้รับ แต่เท่านั้นยังไม่พอ ปมเงื่อนไขสำคัญยังอยู่ที่ว่าสิ่งที่เราสื่อไปถึงผู้รับนั้นเป็นสิ่งที่เขาสนใจหรือไม่ ถ้าให้ความสำคัญกับความสนใจของผู้รับสารไม่เพียงพอ ก็มีโอกาสที่การผลิตจะล้มเหลวอันเนื่องมาจากอัตวิสัย (subjectivity) ของผู้ส่งสาร กล่าวคือ ผู้ผลิตใช้ความสนใจ ความชอบแม้กระทั่งบางครั้งเกิดจากเจตนาส่วนตัวเป็นเครื่องตัดสิน แทนที่จะพิจารณาถึงปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่มีส่วนกำหนดความน่าสนใจของเนื้อหา เช่น

1. เนื้อหาเกี่ยวข้องกับผู้รับสารหรือไม่ สิ่งนี้เป็นเงื่อนไขสำคัญที่จะทำให้ผู้รับรู้สึกว่าคุณเป็นส่วนหนึ่งของสื่อ ยกตัวอย่างสื่อที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับอาหาร สุขภาพ ชีวิต และสิ่ง แวดล้อม เป็นเรื่องใกล้ตัวคนทุกคน จึงย่อมมีผลทางจิตวิทยาดึงดูดให้ต้องการเปิดรับ
2. เนื้อหาที่แสดงถึงความขัดแย้งมักมีแรงดึงดูดมากกว่าเนื้อหาที่ดำเนินไปอย่างราบเรียบ ความขัดแย้งที่ว่านี้ อาจเป็นความขัดแย้งระหว่างความคิดเห็นของคนกับคน ระหว่างคนกับสังคม ระหว่างคนกับธรรมชาติก็ได้ การโต้แย้งทางความคิดซึ่งนำไปสู่คำถามที่ท้าทายคำตอบจะปลุกเร้าความสนใจของคนได้มาก
3. สื่อที่พยายามสร้างความเข้าใจกับคนดู ให้แง่คิดกับคนดู ทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย ย่อมได้รับความนิยมมากกว่าสื่อที่สร้างความสับสนงงง ทำให้ดูลึกลับจนเข้าไม่ถึง

2.3.2.4 How : ใช้สื่ออะไร และนำเสนออย่างไร

ด้วยวัตถุประสงค์เช่นนั้น กลุ่มเป้าหมายกลุ่มนั้น ๆ และเนื้อหาชนิดนั้นจะต้องเลือกใช้สื่อประเภทใดจึงจะให้ประสิทธิผลสูงสุด สื่อสไลด์คงไม่เหมาะสมถ้าเป็นกลุ่มเด็ก สื่อคอมพิวเตอร์คงไม่เหมาะถ้าวัตถุประสงค์เพื่อโฆษณาโน้มน้าวใจ ผู้ผลิตต้องมีความเข้าใจธรรมชาติของสื่อแต่ละชนิด และเลือกใช้สื่อให้เหมาะกับภาระหน้าที่เฉพาะหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ผู้ผลิตยังควรเลือกรูปแบบการนำเสนอ (Format) ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเลือกใช้สื่อวิทยุหรือโทรทัศน์ ซึ่งมีรูปแบบนำเสนอได้หลากหลายอย่าง เนื้อหาบางอย่างเหมาะที่จะใช้รูปแบบรายงาน (Announcing) เพื่อนำเสนอข้อมูลได้มาก บางอย่างใช้รูปแบบพูดคุย (Talk) สบาย ๆ หรืออภิปราย (Discussion) ถ้าต้องการทำให้เป็นวิชาการ บางเรื่องเหมาะที่จะถ่ายทำเป็นสารคดีเพื่อให้ความรู้ ผู้เรื่องเป็นละครขนาดสั้นในโครงการรณรงค์ประชาสัมพันธ์ เป็นต้น

2.3.3 ความยาว(Length) และเวลา

คนเราจะมีสมาธิหรือความสนใจจดจ่อกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้นานเท่าใด ขึ้นกับความน่าสนใจของสิ่งนั้น นอกจากเนื้อหาของสื่อแล้ว สมาธิยังสัมพันธ์กับประเภทของสื่อที่ใช้ และวัยของผู้รับสื่อ ความยาวของสื่อการสอนโดยสัมพันธ์กับอายุแบ่งตามวัยได้ดังนี้

เด็กในวัยประถมศึกษา (อายุไม่เกิน 10 ปี)	10-15 นาที
เด็กในวัยมัธยมศึกษาตอนต้น	15-20 นาที
เด็กโตและผู้ใหญ่	20 นาทีขึ้นไป

2.3.4 การเลือกใช้สื่อให้เหมาะกับงาน

วิทยาการและเทคโนโลยีช่วยให้ผู้มีอิสระในการเลือกใช้สื่ออย่างกว้างขวาง แต่สิ่งที่พึงระลึกลูกอยู่เสมอ ก็คือจะผสมผสานบรรดาสื่อทั้งปวงเข้าด้วยกันอย่างไรจึงจะบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้อย่างได้ผล ซึ่งสื่อประเภทสิ่งพิมพ์(หนังสือการ์ตูนก็จัดอยู่ในสื่อสิ่งพิมพ์) มีข้อดีและข้อจำกัดคุณลักษณะของสื่อประเภทนี้โดยรวมคือ

ข้อดี คือประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ ถ้าเป็นสิ่งพิมพ์อย่างง่ายผลิตได้รวดเร็ว

ข้อจำกัด คือถ้าเป็นสิ่งพิมพ์ที่ยุ่ยากใช้ต้นทุนสูง ผู้รับต้องสามารถอ่านเข้าใจด้วยตนเอง

2.3.5 ข้อมูลและทีมงาน

เป็นการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการเตรียมเนื้อหาอย่างเพียงพอ ผู้ผลิตจะต้องมีข้อเท็จจริงทั้งหมดเกี่ยวกับสื่อที่จะผลิต เพราะข้อเท็จจริงคือสิ่งเดียวที่น่าเชื่อถือ สื่อที่ไม่ได้นำเสนอข้อมูลอย่างถูกต้องและเพียงพอจึงไม่ประสบผลสำเร็จเพราะขาดพลังโน้มน้าวใจ

2.3.6 การจัดเนื้อหา

คือกระบวนการในการเรียบเรียงเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เป้าหมาย โครงเรื่อง และรูปแบบการนำเสนอตามที่ได้กำหนดไว้แล้วในขั้นวางแผน (3W1H) ตามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นวางแผน จะจัดอย่างไรเนื้อหาสาระที่จะสื่อออกไปจะมีน้ำหนักน่าเชื่อถือ และได้รับความสนใจโดยทั่วไปแล้ว เนื้อหาสำหรับผลิตสื่อไม่ต่างอะไรกับการวางโครงร่าง (outline) สำหรับเขียนบทความที่ดีสักบทหนึ่ง ซึ่งโดยปกติมักประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6.1 บทนำ (Introduction) จะต้องสั้น ใช้ประโยคที่เข้าใจง่ายเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้อ่านหรือผู้ชมให้เข้าสู่เนื้อเรื่อง ถ้าขึ้นบทไม่ดีจะเกิดผลตรงกันข้าม คือทำให้ผู้รับสื่อเปลี่ยนใจไม่เปิดรับสารต่อไป

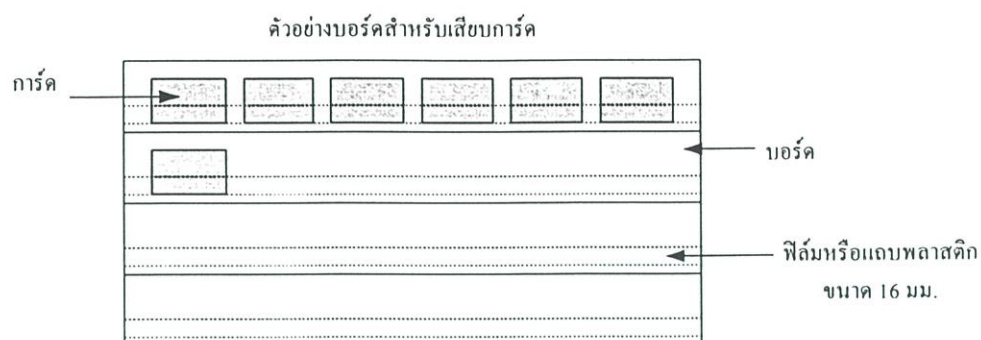
2.3.6.2 การดำเนินเรื่อง (development) ก็คือการนำแก่นของเรื่อง (Theme) หรือความคิดรวบยอดของเรื่องมาถักทอให้เห็นพัฒนาการอย่างเป็นขั้นตอน

2.3.6.3 การหักมุม (Turn) เป็นจุดที่เค้าโครงเรื่องที่ดำเนินมาเกิดการหักมุมอย่างไม่คาดคิด หรือเป็นการเสนอทัศนคติจากมุมมองอื่นที่แตกต่างออกไป ซึ่งจะช่วยเสริมจุดสุดยอด (Climax) ของเรื่องได้เด่นชัดขึ้น หรือช่วยพัฒนาแก่นของเรื่องจนถึงจุดสุดยอด

2.3.6.4 สรุป (Conclusion) หรือการขมวดเรื่องทั้งหมดลงอย่างย่อและมีศิลปะอยู่จริง ส่วนสรุปจะต้องสัมพันธ์กับส่วนที่เป็นเนื้อหาและคำนำ แต่มิได้หมายความว่าบทสรุป คือการนำเอาเนื้อหาในส่วนข้างต้นทั้งหมดมาพูดซ้ำอีกครั้งหนึ่ง “การสรุปลงท้ายเรื่องที่สมควรเป็นส่วนที่ผู้ผลิตทิ้งแง่คิด ความเห็น คำถาม หรือข้อเตือนใจ ซึ่งเป็นการรับทอด ดอกไม้ หรือเพิ่มเติมเนื้อหาให้แก่ส่วนข้างต้น เพื่อให้ผู้ดูนำไปขบคิดสืบต่อจากความประทับใจที่ได้จากการรับสื่อ

2.3.7 สตอรี่บอร์ด และสคริปต์

เป็นวิธีที่มีประโยชน์มากสำหรับสื่อที่นำเสนอเรื่องราวอย่างต่อเนื่องและต้องการ การจัดลำดับเนื้อหาที่ชัดเจน คำว่าสตอรี่บอร์ด (Storyboard) หมายถึงกระดาน (board) ที่ใช้จัดเรียงเรื่อง (Story) หรือเนื้อหาของสื่อที่จะผลิตสตอรี่บอร์ด ที่ทำเพื่อการจัดเรียงเนื้อหาโดยเฉพาะ จะใช้แผ่นฟิล์มหรือพลาสติกเป็นช่องให้เสียบบัตร (Card) ได้เหมือนสมุดเก็บสะสมแสตมป์ บางคนก็ดัดแปลงบอร์ดติดประกาศธรรมดา โดยเอาหมุดหรือเทปยึดการ์ดกับบอร์ดก็มี แต่ไม่ว่าจะใช้บอร์ดแบบไหน การทำสตอรี่บอร์ด จะต้องมีการ์ดบอกเรื่องราวการดำเนินเรื่องนำการ์ดทั้งหมดไปเสียบหรือติดบนบอร์ดโดยเรียงลำดับเนื้อหาตามที่ต้องการนำเสนอจนหมดทุกการ์ด เมื่อไล่ตามลำดับเนื้อหาจนตลอดทั่วทั้งบอร์ด ก็จะปรากฏให้เห็นเป็นโครงเรื่องขึ้นทันที หากความต่อเนื่องของภาพและลำดับฉากต่าง ๆ ยังไม่น่าพอใจ ก็สามารถสลับการ์ดหรือเรียบเรียงการ์ดใหม่ได้ตามสะดวก การ์ดใบใดบรรจบเนื้อหากว้างเกินไปหรือกินความคาบเกี่ยวหลายหัวข้อ ก็เขียนใหม่ให้มีเนื้อหา แคลงโดยเพิ่มการ์ดมากขึ้น ถึงตอนนี้ผู้ผลิตและทีมงานก็สามารถสร้างความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับโครงเรื่อง และลำดับเหตุการณ์ของสื่อที่จะดำเนินการผลิตได้ทั้งหมด



การ์ดที่ 1

เรื่อง การนำเสียบของน้ำทะเล

สาเหตุ 1. นำเสียบจากโรงงาน

2.....

3.....

ภาพ โรงงานอุตสาหกรรม จ.ชลบุรี

การ์ดที่ 2

เรื่อง การนำเสียบของน้ำทะเล

สาเหตุ 1. ปริมาณปลาลดลง

2.....

3.....

ภาพ การจับปลาของชาวประมงที่.....

การ์ดที่ 3

เรื่อง การนำเสียบของน้ำทะเล

ความจำเป็นที่ต้องเพาะพันธุ์ปลา

ข้อคิดเห็น

.....

.....

ภาพ สันทนาการกับอธิบดีกรมประมง

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างบอร์ดสำหรับเสียบการ์ดและการ์ด

การนำเสนอสื่อภาพการ์ตูนให้ประสบผลสำเร็จได้สิ่งสำคัญก็คือการเขียนสคริปต์ ซึ่ง ผู้ผลิต มักจะพบปัญหาว่าจะเขียนคำบรรยายมากน้อยแค่ไหนเพราะจุดสำคัญของการผลิตสื่อภาพการ์ตูนก็คือการนำเสนอภาพ บางครั้งคำบรรยายอาจจะมากเกินไป บางครั้งน้อยเกินไป สิ่งแรกในการเขียนสคริปต์ คือพยายามคิดให้ออกมาเป็นรูปภาพ โดยมีคำบรรยายเป็นเพียงประกอบภาพ สคริปต์ที่นิยมไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุตบแต่งเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีลักษณะเข้าใจง่าย ๆ พงจะยกตัวอย่างได้ดังนี้ (อำนาจ เดชชัยศรี.2544 ; ชัยขงค์ พรหมวงศ์. 2526)

ชื่อเรื่อง ปีสางहरया ตอนที่ 1 ชื่อตอน กีฬามหาสนุก ผู้เขียน			
จากที่	ภาพ	มุกถ้อย	คำบรรยาย
1		ภาพมูมบน	ท่ามกลางหุบเขาปีศาจน้ำแข็ง ได้มีการแข่งขันกีฬาครั้งใหญ่
2		ภาพใกล้	การแข่งขันครั้งใหญ่กำลังเริ่มต้น
3			

รูปที่ 2.16 การเขียนสคริปต์อย่างง่าย

2.4 การสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์

2.4.1 หลักการเขียนนิยายวิทยาศาสตร์

ชมรมนักเขียนและผู้จัดทำหนังสือวิทยาศาสตร์ สังกัดสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2549 : 1) ให้หลักการเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ คือ วรรณกรรมที่แฝงไปด้วยสาระของวิทยาศาสตร์และให้ความรู้สึกถึงจินตนาการอันไร้ขีดจำกัด แต่ก็ใช่ว่าการใช้จินตนาการนั้นจะไร้ขอบเขตเสียทีเดียว นิยายวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้นต้องยอมรับว่ามีหลักการสำคัญอยู่ดังนี้

2.4.1.1 นิยายวิทยาศาสตร์จะต้องไม่ขัดกับความจริงของธรรมชาติหรือ หลักการ หรือ กฎเกณฑ์ของวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการพิสูจน์หรือ ทดสอบจนกระทั่งเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าจริง

2.4.1.2 หากจำเป็นหรือผู้เขียนมีเจตนาจะเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ที่ ขัดกับทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอยู่ แล้วนั้น ก็จะต้องนำข้อมูลหรือเหตุผลอธิบายให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจว่าเรากำลังเขียน โดยเจตนาให้ขัดกับทฤษฎีวิทยาศาสตร์ทั่วไป และต้องมีเหตุผลที่ดีพอสมควรมาประกอบการขัดแย้งกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวนี้

จากหลักเกณฑ์เพียงสองข้อนี้เท่านั้น หากผู้เขียนสามารถเข้าใจได้ก็จะพบว่าการแต่งนิยายวิทยาศาสตร์เป็นการได้ใช้จินตนาการได้อย่างเต็มเปี่ยม ไม่ว่าจะเป็นการเขียนถึงโลกในอนาคต แนวไซ-เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟ ความลึกกลับ สิ่งมีชีวิตจากต่างดาว หรืออย่างแนวคอมพิวเตอร์ที่เป็นที่นิยมในยุคนี้ ผู้เขียนก็สามารถใช้จินตนาการ ของคนได้อย่างกว้างขวางไม่จำกัดด้วย

และการที่จะเขียน "นิยายวิทยาศาสตร์" ที่ดีได้นั้น ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่มีพอสมควร แต่ก็ไม่ถึงกับจะต้องเป็นนักวิทยาศาสตร์เสียทีเดียว ถึงแม้ว่านักเขียน นิยายวิทยาศาสตร์ระดับโลกจำนวนไม่น้อยก็มีพื้นฐานมาจากวิทยาศาสตร์ หรือเคยเป็นนักวิทยาศาสตร์อาชีพมาก่อน ด้วยความเป็นนักวิทยาศาสตร์อาจจะได้เปรียบในเรื่องข้อมูลเพื่อใช้ในการเขียน นักวิทยาศาสตร์ที่สามารถจะเป็นนักเขียนที่ดีด้วยนั้น มักหาได้ไม่มากนัก

ดังนั้นหากนักที่จะเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ก็สามารถที่จะทำได้ถ้าหากสนใจหาข้อมูลให้มีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมขึ้นมาเอง และสุดท้ายขอฝากคำแนะนำว่า การเขียนนิยายวิทยาศาสตร์หรืองานเขียนประเภทใดก็ตาม ย่อมไม่มีสูตรสำเร็จตายตัว เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป เพราะงานเขียนเป็นงานศิลปะ งานสร้างสรรค์ ซึ่งด้ามนักเขียนทุกคนยึดมั่นอยู่เฉพาะในกรอบบางอย่างก็จะมีผลงานสร้างสรรค์ ใหม่ๆ เกิดขึ้นมา การเปลี่ยนแปลงก็ เหมือนกับวิทยาศาสตร์ไม่ใช่สิ่งดีหรือเลว เพียงแต่ว่ามันเกิดขึ้นอยู่เสมอเท่านั้น และการเป็นนักอ่านที่ดีในข้อนี้ก็ช่วยคุณได้มากเช่นกัน

2.4.2 ความหมายของคำว่าการ์ตูน

การ์ตูนเป็นคำทับศัพท์ในภาษาอังกฤษว่า Cartoon สันนิฐานว่ามีรากศัพท์มาจากคำว่า Catone ในภาษาอิตาลี หมายถึงแผ่นกระดาษที่มีภาพวาด ต่อมาความหมายของคำนี้อาจเปลี่ยนไปเป็นล้อเลียนเชิงขบขัน เปรียบเปรยเสียดสี หรือแสดงจินตนาการผ่นเฟื่อง แต่หนังสือบางฉบับกล่าวว่า การ์ตูนมาจากคำในภาษาละตินว่า Charta ซึ่งหมายถึงกระดาษ เพราะในสมัยนั้นการ์ตูนหมายถึงการวาดภาพลงบนผ้าใบขนาดใหญ่ วาดบนผ้า幔หรือการเขียนลวดลายหรือภาพลงบนกระจกและโมเสก (The society for the study of manga.2545ก-จ)

ในภาษาอังกฤษยังมีศัพท์ใกล้เคียงกับคำว่าการ์ตูนอีก 4 ความหมาย คือ

1. การ์ตูน (Cartoon) หมายถึงรูปวาดบนกระดาษแข็งเพื่อความขบขัน เช่นภาพล้อทางการเมือง วาดในกรอบและแสดงเหตุการณ์ที่เข้าใจได้ชัดเจน โดยง่าย และมีคำบรรยายสั้น ๆ
2. คอมมิค (Comic) เป็นลักษณะการ์ตูนที่มีความต่อเนื่องเป็นเรื่องเป็นราวมีคำบรรยาย มีบทสนทนาในแต่ละภาพ ลักษณะจะออกมาในเชิงภาพการ์ตูนที่ไม่เน้นความจริงของกายวิภาค หนังสือการ์ตูนที่เราเห็นเป็นเล่ม ๆ หลายตอนจบในปัจจุบันก็เรียกว่าคอมมิค
3. นิยายภาพ (Illustrated Tale) เป็นการเขียนเล่าเรื่องด้วยภาพเช่นกัน แต่ลักษณะภาพมีความสมจริงและเขียนถูกต้องตามกายวิภาค การเขียนฉากประกอบ การให้แสงเงา การดำเนินเรื่องต่อเนื่อง ตั้งแต่กรอบแรกจนกรอบสุดท้าย ไม่ข้ามขั้นตอนอันสามารถโน้มน้าวใจผู้อ่านให้คล้อยตามเนื้อเรื่องได้อย่างดี

4. ภาพล้อ (Caricature) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากคำว่า Cari care หมายถึงภาพวาดที่

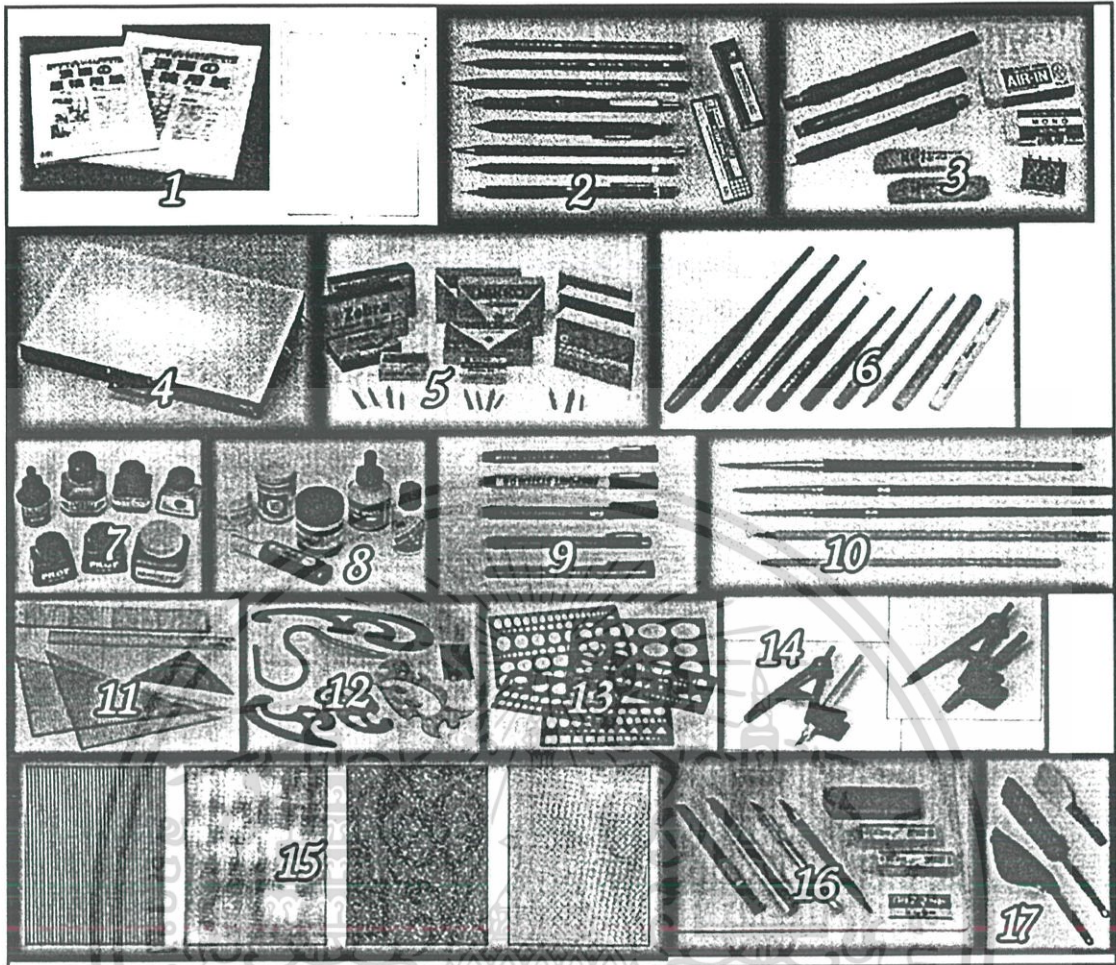
เอกลักษณะหรือเสียดสี วาดในลักษณะที่ตัดทอนหรือทำให้รูปบุคลิกผิดส่วนออกไป เช่นเน้นลักษณะคำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เด่นเฉพาะตัวของบางคนให้ดูมากเกินความเป็นจริง รวมทั้งเน้นในจุดอื่น ๆ เช่น ชนชั้นทางสังคม หรือสถาบันต่าง ๆ ภาพล้อใช้เป็นเครื่องปลุกความรู้สึกนึกคิด ก่ออารมณ์ตอบโต้ให้เกิดแก่ผู้ดูตั้งแต่ อารมณ์ขันเบา ๆ จนกระทั่งความรู้สึกโกรธแค้นรุนแรง เป็นเครื่องมือที่ดีในการวิพากษ์แสดง ความคิดเห็นในเรื่องของสังคม ศาสนา และการเมือง

2.4.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวาดภาพการ์ตูน ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. กระดาษทำต้นฉบับ เป็นกระดาษคุณภาพสูง (กระดาษปลอดเชื้อไม้) กระดาษ มีความกว้าง ขนาด B4 (257 มม.×364 มม.) หรือ A4 (210 มม. ×297 มม.)
2. ดินสอดำ ความเข้มดินสอควรเลือกตามความเหมาะสมของงาน เช่นความเข้ม HB, B, 2B เป็นต้น
3. ขางลบชนิดอ่อน เพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษลอกขณะถูลบ
4. กล่องไฟ ใช้สำหรับการถูลอกลายภาพขาวดำ
5. หัวปากกาสำหรับเขียนหมึกดำ นิยมใช้หัวปากกาแบบ G-pen และ Round-pen
6. ด้ามปากกา ขึ้นกับชนิดหัวปากกา
7. หมึกดำ ควรกันน้ำได้
8. หมึกสีขาว สำหรับแก้ไขภาพ
9. ปากกาหมึกซึมเส้นเล็ก
10. พู่กัน
11. ไม้บรรทัด
12. ไม้บรรทัดทรงโค้ง และ ไม้บรรทัดแบบยึดหยุ่น
13. เทมเพลต
14. วงเวียน
15. แผ่นสกรีนโทน สำหรับทำแบคกราวด์
16. คัตเตอร์
17. แปรงปิดเศษยางลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวาดภาพการ์ตูน

2.4.4 หลักการสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้น (The society for the study of manga. 2545

ก-จ)

2.4.4.1 เรื่องราวคือสิ่งที่ประกอบด้วยตัวละคร และการกระทำที่ตัวละครแสดงออกมา จะเห็นว่าเรื่องราวจะเป็นซีรีส์ ซึ่งตัวละครที่ชวนติดตามจะประกฏตัวขึ้น และตัวตัวละครเหล่านี้ เรื่องราวก็จะขยายความได้มากขึ้น และมีความน่าสนใจมากขึ้น ในการเขียนเรื่องสั้นจะต้องจำกัด ตัวละครให้เหมาะสมเพราะถ้าตัวละครมากเกินไปจะทำให้เรื่องราวไม่น่าติดตาม และซับซ้อนเกินไป ทำให้ผู้อ่านไม่เกิดความสุขไม่น่าสนใจ

2.4.4.2 แก่นของเรื่องสั้นควรเรียบง่าย แก่นเรื่องคือ “ตัวละครที่เขาควรเป็น” ซึ่งจะ ดำเนินเป็นศูนย์กลางไปตลอดทั้งเรื่อง

2.4.4.3 การวาดงานต้นฉบับ ผู้เขียนต้องพัฒนาลายเส้น และสร้างสรรค์งานเป็นของตัวเองเสียก่อน จากนั้นคิดพล็อตเรื่อง โดยยึดสูตร อดีต (เหตุผล) + ปัจจุบัน (เหตุการณ์) = อนาคต (ผลลัพธ์) จงสรุปย่อเนื้อหาทั้งหมดออกเป็นเรื่องย่อ แล้วค่อยสร้างพื้นฐานของเรื่องทั้งหมดนี้เรียกว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การวางพล็อตเรื่อง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.4 การพัฒนากระดาษจากสกริปต์เป็นการ์ตูน โดยการเติมฉากและบทพูดลงไปในโครงเรื่องเพื่อให้สกริปต์สมบูรณ์

2.4.4.5 จำนวนหน้าที่เหมาะสม การจะได้จำนวนหน้าที่เหมาะสมจะต้องตัดและทำสกริปต์ให้กระชับ เมื่อใดที่ฉากหนึ่งมีรายละเอียดมากเกินไป หรือยาวมากเกินไป หรือมีบทพูดมากเกินไปเพื่ออธิบายเรื่องที่ไม่น่าสนใจเท่าไรนัก เช่น ถ้าใช้กระดาษเกิน 5 หน้าต่อฉากสำหรับเรื่องสั้นยาว 32 หน้า ก็จะไม่เหลือสำหรับฉากอื่น ๆ

2.4.4.6 กฎของเฟรมขั้นพื้นฐาน จงพิจารณาเรื่องการกระจายของเฟรมโดยใช้องค์ประกอบของกระดาษและยึดตามสกริปต์ การไหลของเฟรมจะง่ายต่อการอ่านคือไหลจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง ซึ่งจำนวนเฟรมต่อหน้าควรรู้อยู่ระหว่าง 6-7 เฟรมเป็นอย่างมาก

2.5 รูปแบบการสอน PSI (Personalized System of Instruction)

รูปแบบการสอน PSI หรือบางครั้งเรียกว่า เคลเลอร์แพลน (Keller Plan) เป็นรูปแบบการสอนที่นิยมใช้มากในระดับมหาลัย ศาสตราจารย์เคลเลอร์และเพื่อนร่วมงานอีก 3 คนได้คิดขึ้น ในขณะที่เคลเลอร์และเชอร์แมน (Sherman) และอาจารย์ที่เป็นชาวบราซิลอีก 2 คน ได้หาวิธีแก้ปัญหาการสอนได้คิดรูปแบบการสอนที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลและใช้แรงเสริม เพื่อช่วยให้นักศึกษาการเรียนรู้จนมีความรอบรู้ในวิชาที่เรียน หลังจากนั้น เคลเลอร์ (Keller, 1968) ได้นำรูปแบบการสอน PSI มาใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา (สุรางค์ ใ้วตระกูล, 2545 : 353-356)

2.5.1 หลักการการสร้างรูปแบบการสอน PSI มีหลักการดังต่อไปนี้

2.5.1.1 แบ่งวิชาที่จะต้องสอนออกเป็นหน่วยเรียน ส่วนมากมักจะแบ่งตามจำนวนครั้ง ในการสอนของแต่ละเทอมการศึกษา แต่ละหน่วยการเรียนจะมีคำถามให้นักเรียนตอบหลังจากได้เรียนจบ คำถามสร้างจากวัตถุประสงค์เฉพาะของหน่วยเรียน

2.5.1.2 ใช้ตำรา หนังสืออ่านประกอบ และการทดลองเหมือนกับการสอนโดยวิธีปาฐกถา แต่เป็นหน้าที่ของผู้เรียนที่จะต้องเป็นผู้อ่านทำความเข้าใจด้วยตนเอง ผู้เรียนจัดเวลาที่ใช้ในการศึกษาด้วยตนเองตามความสามารถของแต่ละบุคคล

2.5.1.3 เมื่อผู้เรียนคิดว่าตนได้เรียนรู้พร้อมที่จะตอบคำถามได้หรือคิดว่าได้เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของหน่วยเรียนแล้ว ผู้เรียนจะขอรับการทดสอบ ผู้คุมสอบจะตรวจข้อสอบทันทีและแจ้งผลสอบให้ผู้เรียนทราบ ถ้าทำได้หมดก็จะได้รับหน่วยเรียนใหม่ไปศึกษา แต่ในกรณีที่ผู้เรียนทำไม่ได้หมดหรือทำผิดน้อยกว่า 4 ข้อ ผู้คุมสอบจะซักถามให้ผู้เรียนอธิบายเหตุผล หรือให้เวลาไปอ่านตอนฝึก แล้วกลับมาตอบคำถามใหม่ แต่ถ้าผู้เรียนตอบผิดมากกว่า 4 ข้อ จะต้องศึกษาหน่วยการเรียนนั้นซ้ำ โดยใช้เวลาตามที่ต้องการก่อนจะมาทดสอบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.4 ให้โอกาสผู้เรียนได้เข้าฟังปาฐกถาและดูการแสดงการทดสอบเป็นครั้งคราว โดยกำหนดว่าจะต้องศึกษาจบที่หน่วยเรียน เคลเลอร์ใช้การเข้าฟังปาฐกถาพิเศษเป็นแรงเสริมบวกอย่างหนึ่ง

2.5.1.5 หลังจากหน่วยเรียนทั้งหมดแล้วจะมีการสอบไล่ คำถามต่างๆ ในข้อสอบไล่จะประกอบด้วยคำถามที่นักเรียนเคยทำหลังจากเรียนจบแต่ละหน่วยเรียน

2.5.2 การใช้รูปแบบ PSI

เคลเลอร์ได้อธิบายการใช้ PSI ในการสอนวิชาจิตวิทยาทั่วไปไว้ในบทความชื่อ Goodbye Teacher! (Keller, 1968) ซึ่งจะขอแนะนำมาเป็นตัวอย่างดังต่อไปนี้

วิชาจิตวิทยาทั่วไปแบ่งเป็น 30 หน่วยเรียน โดยจัดเวลา 2 ครั้งต่อสัปดาห์ แต่ละหน่วยเรียนจะมีการบ้านให้อ่าน ซึ่งส่วนมากจากตำราหนังสือจิตวิทยา นอกจากนี้นักศึกษาจะต้องทำการทดลองด้วยการอ่านการบ้านควรจะใช้เวลาตามที่จัดไว้ในตารางสอน ทุกคนมีสิทธิที่จะใช้ห้องเรียนตามชั่วโมงที่จัดไว้ในตารางสอน

ปาฐกถาและการทดลองตัวอย่างจะแสดงเป็นครั้งคราว หลังจากนักศึกษากลุ่มหนึ่ง ได้ผ่านการทดลองของหน่วยเรียนตามที่กำหนดไว้

นักศึกษาที่จบหน่วยเรียนแต่ละหน่วย จะได้รับการทดสอบความรู้ก่อนที่จะได้รับหน่วยเรียนใหม่ นักศึกษาจะต้องตอบคำถามได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ถ้าตอบไม่ได้ก็ไม่มีสิทธิ์สอบใหม่ โดยไม่ต้องเกรงว่าจะถูกลดคะแนน เมื่อนักศึกษาได้เรียนรู้ทุกหน่วยเรียนแล้วจะต้องสอบไล่ ซึ่งมีคำถามที่ประกอบด้วยสารัตถ์ (Demonstration) ตัวอย่าง คะแนนรวมทั้งหมดจะมาจากแห่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

30% จากคะแนนการสอบไล่

20% จากแบบฝึกหัดการทดลอง (Laboratory Exercise) 10 การทดลอง

50% จากคะแนนสอบย่อยของหน่วยเรียน 30 หน่วยเรียน

(น้ำหนักของคะแนนอาจจะเปลี่ยนแปลงได้แล้วแต่ผู้สอน เป็นต้นว่า อาจจะให้น้ำหนักของคะแนนสอบย่อยรวมกับการทดลองรวมกัน 75% และคะแนนสอบไล่เพียง 25%)

ผู้รับผิดชอบในการสอน นอกจากอาจารย์แล้ว ยังมีผู้ช่วย ซึ่งเป็นนิสิตนักศึกษาที่กำลังเรียนปริญญาโท หรือปริญญาเอก ผู้ทำการทดสอบย่อย นิสิตเหล่านี้เป็นนิสิตที่เรียนดี และได้คะแนนดีในวิชาจิตวิทยา อย่างไรก็ตาม อาจารย์เป็นเจ้าของวิชาที่มีความรับผิดชอบดังต่อไปนี้

2.5.2.1 เขียนวัตถุประสงค์จากการวิเคราะห์เนื้อหาของวิชาที่จะสอน และจัดหน่วยเรียน

2.5.2.2 เลือกหนังสือตำราและหนังสืออ่านประกอบ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์การสอนที่จะใช้

2.5.2.3 เลือกวิธีการที่จะใช้วัสดุอุปกรณ์การสอน รวมทั้งการทดลอง

2.5.2.4 สร้างข้อทดสอบ ทั้งสอบย่อยและสอบไล่

2.5.2.5 แสดงปาฐกถา และแสดงตัวอย่าง หรือเป็นผู้นำการอภิปราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของผู้แต่งและผู้พิมพ์และนักศึกษาตกลงกันไม่ได้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSI หรือ “เคลเลอร์แพลน” ได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นวิธีสอนในระดับมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ยังมีผู้นำรูปแบบ PSI ไปดัดแปลงใช้กับคอมพิวเตอร์ จากการวิเคราะห์ผลการวิจัยการสอน วิชาต่างๆ โดยใช้ PSI ได้การวิจัยที่เปรียบเทียบกับการสอนแบบใช้วิธีปรากฏผลดังต่อไปนี้ (Kulik, Kulik & Cohen. 1976)

ผู้อ่านที่ต้องการจะเป็นครูสอนให้นักเรียนเรียนรู้จนมีความรอบรู้ทุกคน ก็อาจที่จะพิจารณารูปแบบการสอนที่เหมาะสมกับวิชาหรือสภาพแวดล้อมของโรงเรียน หรืออาจจะใช้รูปแบบผสมก็ได้ ครูมีบทบาทสำคัญที่จะให้การสอนเป็นรายบุคคลประสบความสำเร็จ ฉะนั้น แม้ว่าการสอนเป็นรายบุคคล จะเพิ่มงานให้ครูมากกว่าการสอนนักเรียนทั้งชั้น แต่ถ้าผลที่ได้ทำให้นักเรียนทุกคนเรียนรู้ และสอบได้ดี ก็น่าทดลองใช้ ผู้เขียนเองได้มีโอกาสทดลองใช้การสอนเป็น รายบุคคล ในขณะที่ผู้เขียน ได้ไปดูการสอนของนิสิตฝึกสอนของคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระหว่างปี พ.ศ. 2502 ถึงปี พ.ศ. 2507 ปรากฏผลว่า การสอนเป็นรายบุคคล นอกจากจะช่วยนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้แล้ว ยังช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมชั้นเรียนและระเบียบวินัยของห้องด้วยวิธีการที่ผู้เขียน ได้แนะนำให้นิสิตใช้เป็นวิธีการที่ครูทุกคนสามารถจะนำไปปฏิบัติได้ จะขอสรุปขั้นตอนของการสอน ดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์พื้นความรู้ เช่น ความคิดรวบยอดที่สำคัญที่นักเรียนควรจะมีก่อนที่จะเริ่ม บทเรียนใหม่ เพื่อนำมาสร้างคำถามในข้อทดสอบพื้นความรู้ของนักเรียน
2. แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้
 - กลุ่มที่หนึ่ง ประกอบด้วยนักเรียนที่มีพื้นความรู้ที่จำเป็นสำหรับเรียนบทเรียนใหม่ น้อยมากหรือไม่มีเลย
 - กลุ่มที่สอง ประกอบด้วยนักเรียนที่มีพื้นความรู้ที่จำเป็นสำหรับเรียนบทเรียนใหม่บ้าง แต่ยังไม่พอ
 - กลุ่มที่สาม ประกอบด้วยนักเรียนที่มีพื้นความรู้ที่จำเป็นสำหรับบทเรียนใหม่ทุกอย่าง
3. อธิบายเหตุผลให้นักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ทราบว่าวัตถุประสงค์ของการแบ่งกลุ่มก็เพื่อช่วยนักเรียนทุกคนเรียนรู้ และรู้สึกสนุกในการเรียนเพราะทำได้
4. เตรียมวัตถุประสงค์และกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นรายชั่วโมง โดยใช้กระดาษแผ่นใหญ่เขียนวัตถุประสงค์ที่นักเรียนจะต้องเรียนจนเกิดความรอบรู้ และงานที่นักเรียนจะต้องทำ เช่น อ่านหนังสือคำราโดยกำหนดหน้าให้อ่านและทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมอื่นๆ ในกรณีที่ทางโรงเรียนจะสามารถจัดพิมพ์แจกนักเรียนได้ก็จะทำให้สะดวกยิ่งขึ้น
5. ครูแบ่งเวลาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเท่าๆ กัน ตัวอย่างเช่น ถ้าอธิบายงานหรือสอนนักเรียนกลุ่มหนึ่ง นักเรียนอีก 2 กลุ่ม ก็จะมีงานทำอย่างอิสระด้วยตนเอง ต่อจากนั้นครูอาจจะตรวจงานกลุ่มที่ 2 ว่านักเรียนได้ทำงานตามที่ครูคาดหวังหรือไม่ ครูอาจจะสอนกลุ่มที่ 2 หรืออธิบายงานในขณะที่กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 1 ทำงานด้วยตนเอง หลังจากที่ครูจบการสอนและตรวจงานกลุ่มที่ 2 ครูทำงานกลับกลุ่มที่ 3 ซึ่งอาจจะเป็นการให้งานต่อ ถ้านักเรียนทำได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ หรือให้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุแต่แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายแก่นักเรียนไม่เข้าใจ การให้เวลากับนักเรียนแต่ละกลุ่มอาจจะหมุนเวียนลำดับก่อนหลัง เช่น วันแรกอาจจะใช้เวลา กลุ่มที่ 1 เป็นอันดับแรก วันที่ 2 อาจจะใช้เวลากลุ่มที่ 2 เป็นอันดับแรก และวันที่ 3 อาจจะให้เวลากับกลุ่มที่ 3 เป็นอันดับแรก ทั้งนี้จะต้องดูความเหมาะสมด้วย

6. ขอความร่วมมือจากนักเรียนที่มีความก้าวหน้าในการเรียนมากกว่าผู้อื่นช่วยในการอธิบาย หรือติวให้กับนักเรียนที่เรียน ไม่ทัน

7. ทดสอบความรู้ของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นครั้งคราว เพื่อให้นักเรียนจะได้ทราบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของตนเอง และเป็นแรงเสริมให้นักเรียน

นิสิตฝึกสอนที่ได้ใช้การสอนเป็นรายบุคคล โดยการแบ่งกลุ่มนักเรียนตามพื้นฐานความรู้ในวิชาที่สอนได้รับผลเป็นที่น่าพอใจ เพราะเป็นการสอนที่ช่วยให้นักเรียนทุกคนเรียนรู้เนื้อหาของหลักสูตรที่ครูประจำชั้นกำหนดให้ ส่วนนักเรียนที่เรียนเร็วหรือมีความฉับไวสามารถเรียนเนื้อหา มากกว่าที่ครูประจำชั้นกำหนดให้ นอกจากนี้การสอนเป็นรายบุคคลเป็นการแก้ปัญหาการปกครองชั้นและระเบียบวินัยในห้องเรียน ผู้อ่านที่จะต้องออกไปฝึกสอนอาจจะนำวิธีการสอนเป็นรายบุคคลดังกล่าวไปใช้โดยดัดแปลงให้เหมาะสมกับวิชาที่สอน ผู้เขียนเชื่อว่าวิธีการสอนนักเรียนเป็นรายบุคคล จะช่วยให้งานของครูเป็นงานที่น่าสนใจ เพราะครูจะมีโอกาสเป็นพยานความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนทุกคน

2.6 ความพึงพอใจ

2.6.1 ความพึงพอใจหรือความพอใจ

ตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Satisfaction” ได้มีผู้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ ดังนี้ Good(1973 : 320) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง คุณภาพ หรือระดับความพึงพอใจ ซึ่งเป็นผลมาจากความสนใจต่าง ๆ และทัศนคติที่บุคคลมีต่อสิ่งที่ทำอยู่

Newcumer (อ้างใน สุวัฒน์ ไบเจริญ, 2540 : 27) ได้ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจเกิดจากการได้รับการตอบสนองความต้องการ

Morse (อ้างใน จิรศักดิ์ ชำนาญภักดี, 2543 : 6) อธิบายว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาวะจิตที่ปราศจากความเครียด ทั้งนี้เพราะธรรมชาติของมนุษย์มีความต้องการ ถ้าความต้องการนั้น ได้รับการตอบสนองทั้งหมดหรือบางส่วน ความเครียดก็จะน้อยลง ความพึงพอใจก็จะเกิดขึ้น และในทางกลับกัน ถ้าความต้องการนั้นไม่ได้รับการตอบสนอง ความเครียดและความไม่พึงพอใจก็จะเกิดขึ้น

วิมลสิทธิ หรยางกูร (2536 : 86) กล่าวว่า ความพึงพอใจ เป็นการให้ค่าความรู้สึกของ คนเราที่สัมพันธ์กับโลกทัศน์ที่เกี่ยวกับความหมายของสภาพแวดล้อม ค่าความรู้สึกของบุคคลที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิชาการเพื่อครูศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิน กงฟูต (2529 : 21) ได้สรุปความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า หมายถึงความรู้สึก รัก ชอบ ยินดี เต็มใจ หรือเจตคติของบุคคล ที่เกิดจากการได้รับการตอบสนองตามความต้องการ ทั้งทางด้านวัตถุ และจิตใจ

จากความหมายความพึงพอใจที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึงการที่บุคคลมีความรู้สึกที่ชอบ ที่ดี ที่ประทับใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้รับ โดยความพึงพอใจนั้นมีทั้งทางบวกและทางลบ ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้แก่ อายุ เพศ การศึกษา ประสบการณ์ เชื้อชาติ ปัญญา บุคลิกภาพ และทัศนคติ

2.6.2 การวัดความพึงพอใจ

นภากรณ์ ทักษิณนิมิต (2542 : 5-6) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจเป็นการประเมินทัศนคติของบุคคล โดยอธิบายว่าทัศนคติ (Attitude) เป็นการประเมินความพึงพอใจและความไม่พอใจของบุคคล ความรู้สึกและแนวโน้มของการปฏิบัติที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในลักษณะที่พอใจหรือไม่พอใจ ทัศนคติประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1. ส่วนของความรู้สึก (Affective Component) เป็นส่วนของทัศนคติที่สะท้อนถึงความรู้สึกหรืออารมณ์ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง
2. ส่วนความเข้าใจ (Cognitive Component) เป็นส่วนของทัศนคติซึ่งแสดงถึงการรู้จักและความรู้ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง
3. ส่วนของพฤติกรรม (Behavioral Component) เป็นส่วนของทัศนคติที่สะท้อนถึงความตั้งใจในการกระทำ และความคาดหวังของพฤติกรรม ตลอดจนการสะท้อนแนวโน้มของการปฏิบัติ

ปัญหาหนึ่งที่นักวิจัยและนักปฏิบัติต้องเผชิญก็คือความพยายามที่จะวัดทัศนคติ เพราะทัศนคติเป็นสิ่งที่เข้าใจได้ยาก ซึ่งประเด็นต่าง ๆ ที่ยอมรับกันโดยทั่วไปเกี่ยวกับทัศนคติดังนี้

1. ทัศนคติเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้บุคคลแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง
2. ทัศนคติสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามกาลสมัย
3. ทัศนคติเป็นสิ่งที่ซ่อนเร้นอยู่ภายในบุคคลที่ส่งผลต่อพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะ เป็นทางกายหรือทางวาจา
4. ทัศนคติดีมีคุณลักษณะในการกำหนดทิศทางของพฤติกรรมบุคคล หรือความรู้สึกต่อวัตถุในลักษณะทางบวก ทางลบ หรือความรู้สึกกลาง ๆ ต่อวัตถุ

2.7 การสร้างแบบทดสอบ

การทดสอบ เป็นวิธีวัดพฤติกรรมที่นิยมใช้กันมากที่สุดในวงการศึกษา หมายถึง กระบวนการอย่างมีระบบในการที่จะได้ทราบระดับความสามารถของผู้เรียนด้วยกัน เครื่องมือใช้ในการทดสอบ คือ แบบทดสอบ (ดิเรก มณีวรรณ. 2543) การทดสอบเป็นวิธีวัดพฤติกรรมที่นิยมใช้กันมากที่สุดในวงการศึกษา หมายถึง กระบวนการอย่างมีระบบในการที่จะได้ทราบระดับความสามารถของผู้เรียนด้วยกัน เครื่องมือใช้ในการทดสอบ คือ แบบทดสอบ

แบบทดสอบ หมายถึง ชุดของข้อความคำถามที่เขียนลงในกระดาษ หรือวัสดุแล้วนำไปเราหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมสนอง โดยการเขียนตอบออกมา แบบทดสอบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้สอน ทั้งนี้จะต้องคำนึงรูปแบบทดสอบด้วยว่า แบบใดจึงจะเหมาะสม และยังคงคำนึงคุณภาพแบบทดสอบด้วย

แบบทดสอบ สามารถจำแนกออกเป็นลักษณะต่างดังนี้

2.7.1 จำแนกตามสมรรถภาพที่จะวัด แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

2.7.1.1 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆ ที่ผู้เรียนได้รับมา เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความสำเร็จในการวิชาการ หรือความรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้วเป็นส่วนใหญ่ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher made Test) เป็นชุดคำถามที่ผู้สอนสร้างขึ้นเอง เพื่อใช้ในการวัดผลความงอกงาม ในการเรียนการสอน แบบทดสอบประเภทนี้ ครูผู้สอนสามารถที่จะให้ผู้เรียนสนใจเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นพิเศษ และสามารถจะสร้างปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพตรงตามจุดมุ่งหมาย

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความรู้ เนื้อหาวิชาอย่างกว้าง ๆ สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญการสร้างข้อสอบ มีการปรับปรุงจนกระทั่งได้คุณภาพ

2.7.1.2 แบบทดสอบความถนัด (Aptitude Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดเชาว์ปัญญาเฉพาะอย่าง โดยพยายามวัดความถนัดของแต่ละบุคคล และทำนายหรือคาดคะเนโอกาสจะสำเร็จผลในการเรียน หรือการปฏิบัติด้านอื่น ในอนาคตแบบทดสอบประเภทนี้ มุ่งวัดสมรรถภาพทางสมองคนว่า แต่ละคนสามารถทำอะไรได้เพียงใด เป็นความพยายามที่จะพยากรณ์อนาคตของผู้เรียน โดยอาศัยข้อมูลในปัจจุบันเป็นรากฐานในการทำนาย แบบทดสอบความถนัดนี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ คือ แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน (Scholastic Aptitude Test) และแบบทดสอบความถนัดพิเศษ (Specific Aptitude Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 แบบทดสอบบุคคล-สังคม (Personal-Social Inventory) เป็นแบบทดสอบประเภทวัดการปรับตัวให้เข้ากับสังคม หรือวัดทางด้านบุคลิกภาพ เช่น วัดความเข้าใจ วัดเจตคติ วัดการปรับตัว เป็นต้น แบบทดสอบบุคคล-สังคมนี้ เป็นเครื่องมือวัดพฤติกรรมซึ่งจะบอกถึงพฤติกรรมในเชิงประมาณ ไม่สามารถตัดสินได้ว่าถูกหรือผิด เป็นแบบทดสอบประเภทวัดการปรับตัวให้เข้ากับสังคม หรือวัดทางด้านบุคลิกภาพ เช่น วัดความเข้าใจ วัดเจตคติ วัดการปรับตัว เป็นต้น แบบทดสอบบุคคล-สังคมนี้ เป็นเครื่องมือวัดพฤติกรรมซึ่งจะบอกถึงพฤติกรรมใน เชิงประมาณ ไม่สามารถตัดสินได้ว่าถูกหรือผิด

2.7.2 จำแนกตามลักษณะการตอบ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

2.7.2.1 แบบให้ลงมือปฏิบัติ (Performance Test) หมายถึง แบบทดสอบปฏิบัติทั้งหลาย เช่น การทดสอบในวิชาปฏิบัติ โรงงาน

2.7.2.2 แบบให้เขียนตอบ (Writing Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ต้องใช้การเขียนตอบ ซึ่งก็คือ การสอบข้อเขียนนั่นเอง

2.7.2.3 แบบสอบปากเปล่า (Oral Test) หมายถึง การสอบที่ดำเนินไปโดยการถามตอบ โดยใช้คำพูด ซึ่งจะเป็นการสอบทีละคน เหมาะสำหรับคนกลุ่มน้อย หรือในกรณีที่มีเวลาพอ

2.7.3 จำแนกตามรูปแบบคำถามและวิธีการเขียนตอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.7.3.1 ประเภทเขียนตอบ (Supply Type) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบจะต้องเขียนข้อความที่เป็นคำตอบลงไปเอง แบบทดสอบประเภทนี้ แบ่งออกเป็น แบบทดสอบอัตนัย และแบบทดสอบปรนัยชนิดเติมคำหรือข้อความ หรือเขียนคำตอบอย่างสั้น ๆ

2.7.3.2 ประเภทเลือกตอบ (Selection Type) เป็นแบบทดสอบที่ผู้ตอบไม่ต้องเขียนข้อความลงไป เพียงแต่ทำเครื่องหมายลงไปในกระดาษคำตอบให้ตรงกับความต้องการของคำถาม หรืออาจจะให้พิจารณาว่าข้อความที่กำหนดมาให้ถูกหรือผิด หรือให้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อความก็ได้ แบบทดสอบประเภทนี้ได้แก่ ข้อสอบปรนัย แบบหลายตัวเลือก แบบถูก-ผิด และแบบจับคู่ เป็นต้น

2.7.4 จำแนกตามเวลาที่ใช้ในการทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.7.4.1 แบบให้ใช้ความเร็ว (Speed Test) หมายถึง การสอบที่มีข้อทดสอบหลาย ๆ ข้อ แต่ให้เวลาทำข้อสอบน้อย แบบทดสอบประเภทนี้แต่ละข้อมักจะมีความยากง่ายพอ ๆ กัน เช่น การวัดทักษะทางตา ความคล่องในการใช้มือทักษะในการบวก ลบ คูณ หารเลข เป็นต้น

2.7.4.2 แบบระดมพลัง (Power Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความสามารถในการตอบคำถาม การทำงาน โดยกำหนดเวลาให้ทำนาน ๆ หรือจนกว่าจะเสร็จ เช่น วิทยานิพนธ์ และข้อสอบแบบเรียงความเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 จำแนกตามจุดมุ่งหมายในการใช้ประโยชน์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.7.5.1 แบบทดสอบเพื่อการวินิจฉัย (Diagnostic Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งทดสอบเพื่อค้นหาจุดเด่น-ค้อย หรือข้อบกพร่องของผู้เรียนของระบบการสัด การเรียนการสอน ซึ่งจะนำมาใช้เป็นเครื่องช่วยในการแนะแนวหรือ การสอนซ่อมเสริม

2.7.5.2 แบบทดสอบเพื่อการทำนาย (Prognostic Test) เป็นแบบทดสอบเพื่อนำเอาผลการทดสอบไปทำนายหรือพยากรณ์ว่า ผู้เรียนแต่ละคนสามารถที่จะเขียนอะไรได้สำเร็จเพียงแค่นั้น แบบทดสอบประเภทนี้คืออาศัยการวิจัย ค้นคว้ามาช่วยในการทำนาย เช่น แบบทดสอบความถนัด

2.7.6 การสร้างแบบทดสอบ

เพื่อให้การเขียนแบบทดสอบได้ผลดี จึงขอเสนอขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบไว้ 4 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้

2.7.6.1 การวางแผนสร้างแบบทดสอบ เป็นขั้นตอนที่จะสร้างพิจารณา จะวัดผลหรือประเมินอะไร มีจุดมุ่งหมายเพื่ออะไร จะใช้เครื่องมือชนิดใดในการวัดผล จะดำเนินการอย่างไร และจะตีความของผลที่ได้ได้อย่างไร

2.7.6.2 การเตรียมการ (Preparing) ในขั้นตอนนี้มีสิ่งที่จะต้องดำเนินการคือ การจัดเตรียมข้อสอบ การปรับปรุงข้อทดสอบ การคัดเลือกและจัดพิมพ์เป็นข้อสอบเพื่อนำไปใช้ในการสอบ

2.7.6.3 การดำเนินการสอบและการตรวจให้คะแนน (Adminstrating and Scoring) ในขั้นนี้ เป็นขั้นนำข้อสอบที่จัดพิมพ์เสร็จเรียบร้อยแล้วไปทดสอบ มีสิ่งที่จะต้องพิจารณาคือการจัดห้องสอบ การกำหนดเวลาให้เหมาะสมกับจำนวนข้อทดสอบ รวมทั้งการกำหนดวิธี การตรวจให้คะแนน

2.7.6.4 การประเมินแบบทดสอบ (Evaluation) ในขั้นนี้เกี่ยวข้องการวิเคราะห์ข้อสอบ รายข้อ การหาค่าความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรงของข้อสอบ การวิจารณ์ข้อสอบ

2.7.7 ข้อคำนึงในการใช้แบบทดสอบ

ในการนำแบบทดสอบไปใช้วัดและประเมินผลการเรียนการสอนนั้น มีข้อที่ครูผู้สอนควรคำนึงถึงอยู่ 3 ประการคือ

2.7.7.1 แบบทดสอบเหมาะสำหรับที่จะใช้สำหรับตรวจสอบ ความรู้ความสามารถทางสมองเท่านั้น ไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้วัดพฤติกรรมทางด้านปฏิบัติ และทางด้านความรู้ทางจิตใจ เพราะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย เนื่องจากคำตอบที่ได้จากนักเรียน จะเป็นคำตอบที่มีลักษณะเป็น “พฤติกรรมประดิษฐ์” คือ ไม่ตรงกับความเป็นจริงนั่นเอง

2.7.7.2 ข้อคำถามในแบบทดสอบ เป็นเพียงกลุ่มตัวอย่างของความรู้ ความสามารถของประชากรผู้เรียนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ ซึ่งได้เลือกถามเพียงบางแง่มุมเท่านั้น หากข้อคำถาม

ในแบบสอบที่เลือกมา ไม่เป็นตัวแทนที่แท้จริงแล้ว การแปลผลการทดสอบก็ย่อมจะผิดพลาด ดังนั้นการเลือกข้อคำถามมาในแบบทดสอบ จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ คือควรกระจาย ข้อคำถาม ให้ทั่ว และควรมีจำนวนมากข้อเพื่อได้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด

2.7.7.3 ในการทดสอบนั้นอาจจะมีตัวแปรอื่น ๆ เข้ามาปะปน จะทำให้ผลการวัดคลาดเคลื่อนได้ เช่น นักเรียนอยู่ในสถานที่ไม่พร้อมจะสอบ บรรยากาศในการสอบไม่ดี เกิดการทุจริตหรือเดาคำตอบได้ถูก เป็นต้นดังนั้นจึงต้องระมัดระวังอย่าให้เกิดมีตัวแปรดังกล่าวในการสอบ

2.7.8 คุณลักษณะที่ดีของเครื่องมือวัดพฤติกรรมการเรียนรู้

ในการวัดพฤติกรรม จำเป็นต้องเข้าใจถึงคุณลักษณะสมบัติที่ดี ของเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เลือกเครื่องมืออย่างเหมาะสมและถูกต้องตามลักษณะของพฤติกรรมที่ต้อง การวัดคุณลักษณะสำคัญของเครื่องมือวัดพฤติกรรม

2.7.8.1 ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง คุณลักษณะของเครื่องมือที่สามวัดได้อย่างถูกต้องตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งการพิจารณาความเที่ยงตรงของเครื่องมือ จะพิจารณาตามคุณลักษณะสำคัญ 2 ประการ คือ

1. ความถูกต้องแบ่งตามพฤติกรรมของเนื้อหาที่จะวัด กล่าวคือ เครื่องมือจะต้องวัดไม่ถูกต้องตามเนื้อหาวิชาที่กำหนดไว้หลักสูตร และจะต้องพฤติกรรมตามจุด มุ่งหมายที่กำหนดในวิชานั้น ได้อย่างถูกต้อง

2. ความถูกต้องแม่นยำสภาพผู้เรียนจริง กล่าวคือ ผลการทดสอบวัดด้วยเครื่องมือวัดนั้น ต้องสอดคล้องกับสภาพจริงๆ ของนักเรียน ผู้ที่มีลักษณะสอดคล้องตามจุดมุ่งหมายมากก็จะได้คะแนนมาก และในทางตรงข้าม ผู้ที่มีลักษณะสอดคล้องตามจุดมุ่งหมายนั้นน้อย ก็ควรจะ ได้คะแนนเช่นกัน

2.7.8.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึงความมั่นคงการวัด กล่าวคือ ไม่ว่าจะนำเครื่องมือชนิดนั้น ไปวัดกี่ครั้งก็ตาม คะแนนที่ได้จากการวัดไม่เปลี่ยนแปลงไปจากครั้งแรกเลย โดยปกติความเชื่อมั่นของเครื่องมือใด ๆ มักขึ้นอยู่กับ “ความคลาดเคลื่อนในการวัด” ของเครื่องมือชนิดนั้น ถ้าเครื่องมือมีความคลาดเคลื่อนในการวัดน้อย ก็จะมีค่าความเชื่อมั่นสูง แต่ถ้าความคลาดเคลื่อนในการวัดจะมีความเชื่อมั่นต่ำ

2.7.8.3 อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือในการจำแนกผู้เรียนออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ทุกชั้นชั้น ทุกระดับได้ครบถ้วน ว่าใครอ่อนกว่านั้น เช่น เด็กเก่งจะทำแบบทดสอบได้ถูกต้องมากกว่าเด็กอ่อนเสมอ โดยปกติเครื่องมือจะมีอำนาจจำแนกสูงกว่าแบบทดสอบที่มีจำนวนน้อยกว่า

2.7.8.4 ประสิทธิภาพในการใช้ หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือในการวัดได้ เที่ยงตรงและเชื่อมั่นได้มากที่สุด โดยลงทุนในด้านต่าง ๆ น้อย เช่น ใช้เวลาน้อย ใช้เวลาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดน้อย เป็นต้น หรืออาจกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพในการใช้นี้ หมายถึงคุณสมบัติที่แสดงถึงความประหัดทางเศรษฐกิจนั่นเอง

2.7.8.5 ความยุติธรรม (Fairness) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดที่จะไม่ก่อให้เกิดการได้เปรียบเสียเปรียบในหมู่ผู้เข้าทำการสอบด้วยกัน แต่จะต้องกระจายความยุติธรรมให้เกิดแก่ผู้ตอบทุกคนอย่างเสมอหน้ากันหมด

2.7.8.6 มีความเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง คุณสมบัติ 3 ประการคือ

1. มีความชัดเจนในคำถาม
2. มีความชัดเจนในการตรวจคะแนน
3. มีความชัดเจนในการแปลความหมายของคะแนน

2.7.8.7 มีความยากง่ายพอเหมาะ (Difficulty) หมายถึง แบบทดสอบแต่ละข้อควรมีคนตอบถูกผิดอย่างละครึ่งของจำนวนผู้เข้าสอบ ข้อสอบที่ง่าย คือ มีจำนวนคนตอบถูกต้องมาก และข้อสอบที่ยากเกินไป คือ มีจำนวนคนตอบถูกมานั้น จัดได้ว่าเป็นข้อสอบที่ไม่มีประโยชน์อะไร เพราะไม่สามารถผู้เรียนได้ว่า ใครเก่ง-อ่อน กว่าใคร

2.7.8.8 ความลึกซึ้ง (Searching) หมายถึง แบบทดสอบที่ถามอย่างลึกซึ้งตามหลักวิทยาการมากกว่าที่จะวัดตามแนวกว้างกว่า เด็กรู้มากหรือน้อยเพียงไร

2.7.8.9 ต้องขั้ว (Exemplary) หมายถึง แบบทดสอบนั้นจะต้องมีลักษณะทำทาชวนให้เกิดหาคำตอบ เมื่อสอบเสร็จแล้ว เด็กเกิดความรูสึก ยากสอบอีก เพื่อจะนำข้อสอบให้ได้ทั้งหมด

2.7.8.10 จำเพาะเจาะจง (Specification) หมายถึง มีความชัดเจนในคำถาม คือ ทุกคนอ่านแล้วต้องเข้าใจตรงกัน

2.7.9 แบบทดสอบชนิดปรนัย (Objective Test)

แบบทดสอบปรนัย เป็นการทดสอบผู้ที่ตอบเขียนข้อความสั้น ๆ หรือทำเครื่องหมายลงไปในกระดาษคำตอบ อาจเป็นการพิจารณาข้อความที่ให้มาว่าถูกต้อง หรือสัมพันธ์กับข้อความใด แบบทดสอบปรนัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ชนิด แต่ละชนิดจะขอแยกกล่าวถึงรายละเอียดในเรื่องของลักษณะแบบทดสอบ ตัวอย่างแบบทดสอบ การใช้แบบทดสอบ

2.7.9.1 แบบทดสอบชนิดเติมหรือข้อความให้สมบูรณ์ (The Completion Test)

2.7.9.2 แบบทดสอบชนิดคำตอบสั้น (The Short Answer Test)

2.7.9.3 แบบทดสอบชนิดถูก – ผิด (The True-False Test)

2.7.9.4 แบบทดสอบสองชนิดจับคู่ (The Matching Test)

2.7.9.5 แบบทดสอบชนิดหลายตัวเลือก (The Multiple-Choice Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ลักษณะของแบบทดสอบชนิดหลายตัวเลือก และตัวอย่าง

แบบทดสอบที่แต่ละข้อประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นคำถามหรือตอนนำ ส่วนที่สองเป็นคำตอบให้เลือกตั้งแต่ 3 คำตอบขึ้นไป โดยมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุด 1 คำตอบ นอกนั้นเป็นคำตอบผิด ซึ่งเรียกว่า ตัวลวง ค้างตัวอย่าง

ข้อสอบแต่ละข้อมีคำตอบให้เลือก 4 คำตอบ คือ ก ข ค และ ง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว เมื่อเลือกได้คำตอบใด ให้เขียนวงกลมล้อมตัวอักษรหน้าข้อนั้น

1. ดวงอาทิตย์และดวงดาว ให้ประโยชน์เหมือนกันมากที่สุดข้อใด

- | | |
|-------------------|-------------------|
| ก. การหาทิศ | ข. การบอกเวลา |
| ค. การให้ความร้อน | ง. การให้แสงสว่าง |

2. การใช้แบบทดสอบ

แบบทดสอบชนิดนี้ ใช้วัดความสามารถทางความรู้ ความคิด ให้หลายระดับคือ นอกจากวัดความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริงเหตุการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ แล้วยังวัดความสามารถในการจำแนกรายละเอียดได้ดี เช่น ให้เลือกเหตุผลสำคัญ เลือกคำอธิบายที่ดีที่สุด เลือกวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถออกให้วัดพฤติกรรมในระดับอื่น ๆ ได้อีกด้วย แบบทดสอบชนิดนี้ ผู้ตอบจะได้ยากกว่าชนิดถูก - ผิด ยังมีตัวเลือกให้มากกว่าจึงคาดเดายากขึ้น จึงสามารถใช้แบบทดสอบชนิดนี้ ตัดสินผลการเรียนของนักเรียนได้ดี เพราะผลการตอบแต่ละข้อ เชื่อมโยงได้ มากกว่าแบบถูกผิด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาติรี ลามะเหิ (2540) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องกฎแห่งกรรมและพุทธศาสนสุภาษิต วิชาพระพุทธศาสนา ระหว่างการสอนด้วยนิทานประกอบการ์ตูนและการสอนปกติ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านกุศรัง กลุ่มโรงเรียนนาเชือก อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 25 คน รวม 50 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และใช้วิธีการจับฉลาก (Random Assignment) จัดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องกฎแห่งกรรมและพุทธศาสนสุภาษิต วิชาพระพุทธศาสนา หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยนิทานประกอบการ์ตูนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ธีระวุฒิ สุวรรณภู (2541) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 วิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง สิ่งเสพติด โดยการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนกับการสอนแบบปกติ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของกลุ่มโรงเรียนกุศเสลา สำนักงานการประถมศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2541 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 7 โรงเรียน นักเรียน จำนวน 154 คน โดยมีกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านนารังกา สำนักงาน การประถมศึกษาอำเภอกันทรลักษ์ จังหวัดศรีสะเกษ ปีการศึกษา 2541 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 22 คน รวม 44 คน ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 วิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง สิ่งเสพติด ที่เรียนโดยการสอนด้วยหนังสือ การดูสูงกว่าที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จกกุล กานเปรม (2529) ได้ทำการศึกษารเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้ สไลด์การ์ตูนประกอบเสียงบรรยายประเภทต่าง ๆ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ภาพการ์ตูน เป็นสื่อสไลด์โดยมีเสียงบรรยายเรียงแบบต่าง ๆ ดังนี้ เสียงเด็ก เสียงผู้ใหญ่ผู้ชาย และเสียงผู้ใหญ่ ผู้ชายสลับกับผู้หญิง โดยมีกลุ่มตัวอย่าง โดยสุ่มตัวอย่างเด็กนักเรียน 84 คน จากนักเรียนในโรงเรียน สาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แบ่งเป็นเด็กผู้ชายเป็น 42 คน และผู้หญิงเป็น 42 คน ซึ่งผลการวิจัย ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สไลด์การ์ตูนประกอบเสียงบรรยายประเภทต่าง ๆ ไม่มี ความแตกต่างอย่างมีความหมายที่ระดับนัยสำคัญ .05 ดังนั้นเพศของผู้เรียน และเสียงประกอบการ บรรยายไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกิดความแตกต่างกัน

นิตยา เวีสุวรรณ (2538) การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนักเรียน ที่เรียนด้วยบทเรียน สไลด์เทป ประกอบเสียงภาพการ์ตูนผสมภาพถ่าย และสไลด์เทปประกอบเสียง ภาพถ่ายวิชา ความปลอดภัยเรื่อง ความปลอดภัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ใน การวิจัย เป็นนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนทวีธาภิเศก สังกัดกรมสามัญศึกษา ปี การศึกษา 2538 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 60 คน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่ง กลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน โดยวิธีสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่บทเรียนสไลด์เทป ประกอบเสียงภาพการ์ตูน ผสมภาพถ่าย และสไลด์เทปประกอบ เสียงภาพถ่าย และแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้กลุ่ม ทดลองที่ 1 เรียนด้วยบทเรียน สไลด์เทป ประกอบเสียง ภาพการ์ตูนผสมภาพถ่าย แล้วทำแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มที่ 2 เรียนด้วยบทเรียน สไลด์เทปประกอบเสียง ภาพถ่าย แล้วทำ แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของคะแนนด้วยค่าที (t-test)

ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนกลุ่มที่เรียน ด้วยบทเรียน สไลด์ เทปประกอบเสียง ภาพการ์ตูนผสมภาพถ่าย และกลุ่มที่เรียน ด้วยบทเรียนสไลด์ เทปประกอบเสียง ภาพถ่าย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.01

ศิริพร จันทร์ยาวงศ์ (2542) ได้ทำการศึกษารวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ภาษาไทยใน การ์ตูนเพื่อพัฒนาแบบฝึกหัดเสริมทักษะในการเรียนภาษาไทย ระดับประถมศึกษา โดยนำหนังสือ การ์ตูนที่มีอยู่ในท้องตลาดประกอบด้วย หนังสือการ์ตูนมหาสนุก ชวนหัวเราะ สบายหัวเราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตลาดตก วิธีวิจัย 1) วิเคราะห์คำศัพท์และสำนวน 2) พัฒนาแบบฝึกหัดเสริมทักษะภาษาไทย ซึ่งปรากฏว่าผลที่ได้ทำให้นักเรียนเข้าใจคำศัพท์ สำนวน และคำแสลง และนักเรียนได้รู้คำศัพท์ สำนวน และคำแสลงใหม่ ๆ เพิ่มมากขึ้น เพราะในการ์ตูนจะมีคำใหม่ที่ได้มาจากหนังสือและภาพยนตร์ การต่อสู้แบบจีน ซึ่งทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสื่อประเภทหนังสือการ์ตูน ศึกษาความพึงพอใจ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 โดยแบ่งการดำเนินงานวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การสร้างเครื่องมือ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ทำการเรียนการสอนในสายช่างอุตสาหกรรม ได้แก่ วิทยาเขตขอนแก่น วิทยาเขตสกลนคร และวิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2548 จำนวนทั้งหมด 150 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2548 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 30 คน โดยได้จากวิธีการสุ่มแบบเจาะจง ในการวิจัยเชิงทดลองไม่จำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ ร้อยละ 15-30 ของจำนวนประชากรอยู่ในหลักร้อย (ยูทท โภยวรรณ. 2546 : 99)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 4 ชนิด คือ

3.2.1 หนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้แบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

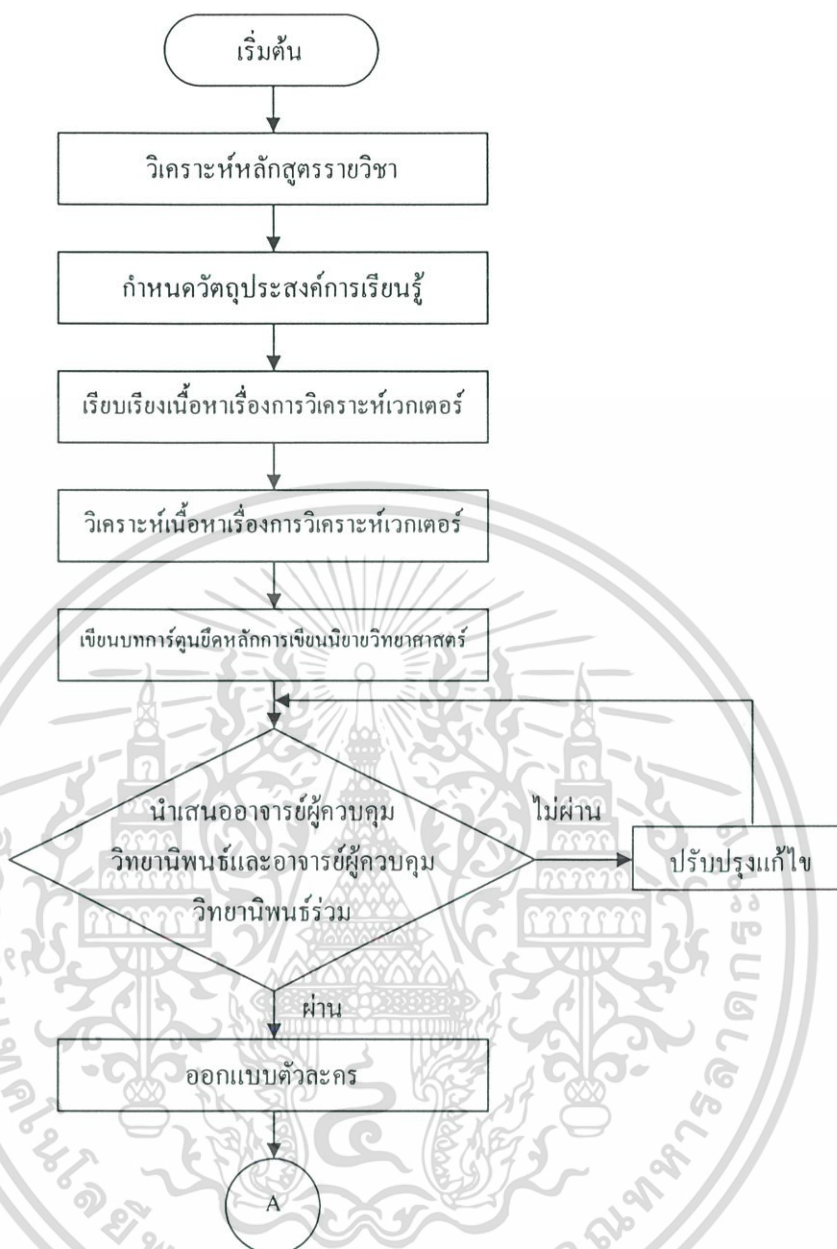
3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

3.3.1 การออกแบบและสร้างหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

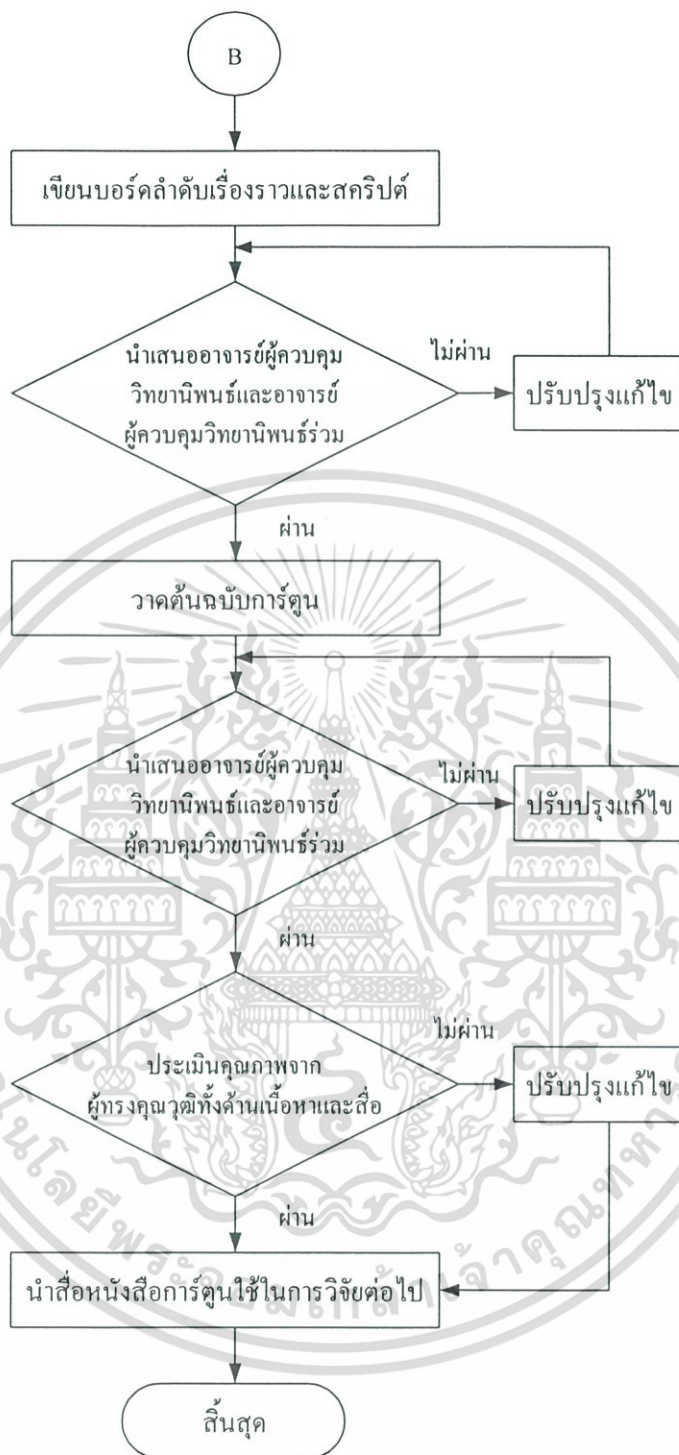
ในการออกแบบและสร้างหนังสือการ์ตูน ผู้วิจัย ได้ยึดหลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ และหลักการสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือดังรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 แผนผังการสร้างสื่อต้นฉบับหนังสือการ์ตูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 (ต่อ)

3.3.1.1 วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทำการแบ่งหน่วยบทเรียน และหัวข้อย่อย เพื่อให้ได้รายละเอียดของหน่วยเรียนที่จะนำมาเขียนบทการ์ตูน มีลักษณะรายวิชากำหนดไว้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณเวกเตอร์ และปริมาณสเกลาร์ กฎของคูลอมบ์ กฎของเกาส์ ทฤษฎีไดเวอร์เจน กฎของแอมแปร์ สมการพัวซองต์ สมการลาปลาซ พลังงานศักย์ไฟฟ้า ตัวนำ ไดอิเล็กตริกและคาปาซิแตนซ์ ปริมาณทางไฟฟ้าระบบจตุรกรรูปทรงต่าง ๆ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าสถิต สนามแม่เหล็กและความเหนี่ยวนำ สนามแปรเปลี่ยนตามเวลา สมการแมกซ์เวลล์

จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาด้วยวิธีการทำ Concept Map (สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. 2536) แบ่งหน่วยเรียนได้ 7 หน่วย ผู้วิจัยได้เลือกมาสร้างการ์ตูนจำนวน 1 หน่วย คือ หน่วยที่ 1 เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกหน่วยเรียนดังกล่าวเนื่องจากว่า เป็นพื้นฐานของวิชา สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นสำหรับการเรียนเนื้อหาที่มีความซับซ้อนในลำดับต่อไป จากนั้นนำ รายละเอียดของเนื้อหาในบทเรียน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ ที่ได้เลือกมากำหนดกรอบและขอบข่าย เนื้อหา แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การแบ่งหน่วยการเรียน

หน่วยที่	เนื้อหาวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	จำนวนคาบ (คาบละ50นาที)
1	การวิเคราะห์เวกเตอร์ 1.1 ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ 1.1.1 ปริมาณสเกลาร์ 1.1.2 ปริมาณเวกเตอร์ 1.2 กฎเกณฑ์พีชคณิตเวกเตอร์ 1.2.1 การบวกและการลบเวกเตอร์ 1.2.2 การคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์ 1.2.3 ส่วนประกอบของเวกเตอร์และเวกเตอร์หน่วย 1.2.4 ผลคูณเชิงสเกลาร์ 1.2.5 ผลคูณเชิงเวกเตอร์ 1.3 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงแบบต่าง ๆ 1.3.1 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม 1.3.2 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอก และการแปลงระบบ 1.3.3 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมและ การแปลงระบบ	9 คาบ/450 นาที 1 คาบ/50 นาที 3 คาบ/150 นาที 5 คาบ/250 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

เมื่อได้รายการเนื้อหาของหัวข้อแล้ว ผู้วิจัยกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยพิจารณาจากลักษณะของเนื้อหาและวัตถุประสงค์ในหลักสูตร กำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตามหลักการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Strategies) ของบลูม (Bloom Taxonomies) ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถหลังจากเรียนจบบทเรียน ดังแสดงใน ตารางที่ 3.2 (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2545)

ตารางที่ 3.2 วัตถุประสงค์การเรียนรู้

หน่วยที่	วัตถุประสงค์	จำนวนคาบ (คาบละ50นาที)
1	การวิเคราะห์เวกเตอร์	9 คาบ/450นาที
	1.1 รู้ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	1 คาบ/50 นาที
	1.1.1 บอกปริมาณสเกลาร์	
	1.1.2 บอกปริมาณเวกเตอร์	
	1.2 เข้าใจกฎเกณฑ์พีชคณิตเวกเตอร์	3 คาบ/150 นาที
	1.2.1 อธิบายและคำนวณการบวกและการลบเวกเตอร์	
	1.2.2 อธิบายการคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์	
	1.2.3 บอกส่วนประกอบของเวกเตอร์และเวกเตอร์หน่วย	
	1.2.4 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงสเกลาร์	
	1.2.5 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงเวกเตอร์	
	1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงแบบต่าง ๆ	5 คาบ/250 นาที
	1.3.1 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม	
	1.3.2 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอกและการแปลงระบบ	
	1.3.3 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมและการแปลงระบบ	

3.3.1.3 เรียบเรียงเนื้อหาวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ ผู้วิจัยทำการเรียบเรียงเนื้อหาจากหนังสือ ตำรา วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ของ William H. Hayt and John A. Buck (2001) , Magdy F. Iskanda (1992) และ วิสุทธิ์ อธิพรธรรม (2543) ให้สอดคล้องวัตถุประสงค์การเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.4 วิเคราะห์เนื้อหาเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ เป็นการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อหาประเด็นสำคัญ กลวิธีเกร็ดความรู้ และตัวอย่าง เพื่อให้การ์ตูนที่สร้างขึ้นมาสามารถอธิบายเนื้อหาเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ได้เข้าใจง่ายขึ้น และจดจำทฤษฎีต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

3.3.1.5 เขียนบทการ์ตูนโดยยึดหลักการเขียนนิยายวิทยาศาสตร์ตามเนื้อหาที่ได้ผ่านการวิเคราะห์มาแล้ว สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกการใช้สื่อประเภทหนังสือการ์ตูนเพราะการ์ตูนตอบสนองจินตนาการ โดยไม่ยึดติดกับความเป็นจริงหรือขีดความสามารถของมนุษย์ ผู้วิจัยเขียนบทการ์ตูนทั้งหมดด้วยกัน 9 ตอน เพื่ออธิบายเนื้อหาเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ชื่อตอนและความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องกับวัตถุประสงค์การสอน

ตอนที่	ชื่อตอน	ความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องกับวัตถุประสงค์การสอน
1	ความทรงจำ	เล่าถึงความทรงจำของอ้ายที่มีต่อป่านฝัน แล้วมีเหตุการณ์สนุก ๆ เกิดขึ้นที่อธิบายให้ทราบถึงความหมายของปริมาณสเกลาร์ และปริมาณเวกเตอร์
2	รวมกันเราอยู่	เมื่ออ้ายและเพื่อนร่วมห้องทั้ง 5 คน ต้องรวมตัวกันดิ้นรนในการเรียนวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อทำความเข้าใจกฎเกณฑ์พีชคณิตเวกเตอร์ เพื่อที่จะรอดจากการสอบตกไปให้ได้
3	เลิกรา	หนังสือสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาให้อ้ายเพื่อให้เป็นของที่ระลึกก่อนที่จะจากไปเพื่อเรียนต่อต่างประเทศ และยังอธิบายถึงเวกเตอร์หน่วยและคำนวณผลคูณเชิงสเกลาร์ให้อ้ายเข้าใจ
4	อากันตุกะจากต่างดาว	ป่านฝันเดินทางจากดาวโทมัสมายังโลกด้วยยานไฮโดรเจนที่ขับเคลื่อนโดยหลักการผลคูณเชิงเวกเตอร์
5	คิดถึงแม่ครับ	อ้ายพาป่านฝันมาพักที่บ้านแล้วเล่าเรื่องแม่ของเขาให้ป่านฝันฟัง ส่วนป่านฝันก็เล่าถึงเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม
6	อาจารย์ใหม่	อาจารย์คนใหม่ได้เข้ามาสอนแทนอาจารย์วิทวัส เรื่องเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอกและการแปลงระบบ
7	ความหวาดกลัว	จอมมารไซลินไคร์มีความสามารถต่อสู้ การเคลื่อนที่ในระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอกและการแปลงระบบ
8	ความหลัง	พ่อของอ้ายเล่าความเป็นมาในอดีตให้แก่อ้ายฟัง พร้อมวางแผนการต่อสู้ในระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม
9	ลาก่อน	อ้ายและป่านฝันเอาชนะจอมมารไซลินไคร์การแปลงระบบเวกเตอร์สามมิติ จากนั้นป่านฝันก็กลับไปยังดาวโทมัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.6 นำบทการ์ตูนที่ได้ไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม พิจารณาและตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อนำข้อดี ข้อเสีย ไปปรับปรุงบทการ์ตูนให้ดียิ่งขึ้นก่อนที่จะนำไปทำการออกแบบตัวละคร

3.3.1.7 ออกแบบตัวละครให้เหมาะสมกับบทการ์ตูนที่เขียนขึ้น เพื่อให้เกิดความน่าสนใจ เราควรรู้สึกผู้เรียนให้เข้าถึงเนื้อเรื่อง และเนื้อหาความรู้ที่ผู้วิจัยต้องการสื่อ พร้อมทั้งมีแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะไปด้วยในขณะกำลังอ่าน การ์ตูนที่เขียนมีเนื้อเรื่องเกี่ยวกับแนววิทยาศาสตร์ผจญภัย เพื่อให้เหมาะกับวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีเนื้อหาเป็นแนววิทยาศาสตร์ประยุกต์

3.3.1.8 เขียนบอร์ดย่อเรื่องราวและสคริปต์ เพื่อให้งานต้นฉบับการ์ตูนที่สร้างขึ้น มีการดำเนินเรื่องที่ต่อเนื่อง เหมาะสมกับเวลา และจำนวนหน้าของต้นฉบับในแต่ละตอนที่เหมาะสม

3.3.1.9 นำบอร์ดย่อเรื่องราวและสคริปต์ที่ได้ไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม พิจารณาและตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสม เพื่อนำข้อดี ข้อเสีย ไปปรับปรุงบอร์ดย่อเรื่องราวและสคริปต์การ์ตูนให้ดียิ่งขึ้น ก่อนที่จะนำไปทำการวาดต้นฉบับการ์ตูน

3.3.1.10 การวาดต้นฉบับการ์ตูน เมื่อผู้วิจัยได้บอร์ดย่อเรื่องราวและสคริปต์แล้ว จะทำการกำหนดเฟรมในต้นฉบับแต่ละหน้าให้ต่อเนื่อง โดยทั่วไปจำนวนเฟรมจะอยู่ที่ไม่เกิน 6-7 เฟรมต่อต้นฉบับ 1 หน้า จากนั้นจะวาดการ์ตูนลายเส้นขาวดำ โดยใช้เทคนิคสกรีนโทน และคอมพิวเตอร์กราฟฟิก ช่วยในการตกแต่งภาพให้มีมิติที่สวยงาม น่าอ่าน ซึ่งจะทำให้ภาพสมจริงยิ่งขึ้น และมีการ์ตูนภาพสีที่เป็นตัวละครสำคัญ ขึ้นปกในแต่ละตอนเพื่อในผู้อ่าน และผู้เรียนได้ทราบถึงรายละเอียดคุณลักษณะของตัวละคร และจากหลังจากในตอนนั้นมีสีสันอย่างไรบ้าง โดยใช้เทคนิคสีน้ำ ผสมผสานกับเทคนิคสีโปสเตอร์ กระดาษต้นฉบับที่ใช้วาดการ์ตูน ใช้กระดาษชนิดปลอดเชื้อไม้ ขนาด B4 (257 มม. X 364 มม.) และใช้เทคนิคการวาดภาพการ์ตูนจากหนังสือ How to draw Manga ซึ่งเป็นหนังสือที่สอนเทคนิคการวาดภาพการ์ตูนโดยการร่วมมือกันของนักเขียนการ์ตูนแนวหน้าชาวญี่ปุ่น ซึ่งตีพิมพ์มาแล้ว 8 ภาษาทั่วโลก (The society for the study of manga.2545ก-จ ; 2546ก-ง)

3.3.1.11 นำต้นฉบับการ์ตูนการวิเคราะห์เวกเตอร์ที่ได้ไปให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม พิจารณาและตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และรูปแบบการนำเสนอที่ดี เพื่อนำข้อดี ข้อเสีย ไปปรับปรุงต้นฉบับการ์ตูนให้ดียิ่งขึ้นก่อนที่จะนำไปประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

3.3.1.12 การประเมินคุณภาพ เป็นการประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ด้าน ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน และด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน แล้วนำจุดบกพร่อง ที่ผู้ทรงคุณวุฒิตามมาปรับปรุงและแก้ไขให้ต้นฉบับการ์ตูนสมบูรณ์ และมีคุณภาพดี

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ได้แก่

อาจารย์โกศล ตราชู อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์บัญชา แสนโสคา อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร

อาจารย์วรรณชาติ เทศววัฒน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน ได้แก่

ดร.ชนบทร วงกาฬสินธุ์ อาจารย์ประจำภาควิชาศึกษาทั่วไป คณะวิชาศึกษาทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร

นายวิริต อุตสาหกิจ บรรณาธิการหนังสือการ์ตูนขาวหัวเราะและการ์ตูนมหาสนุก สำนักพิมพ์บันลือสาสน์

นายวรวุฒิ วรวิทยานนท์ บรรณาธิการบริหารหนังสือการ์ตูนไทยคอมมิค สำนักพิมพ์วิบูลย์กิจ

3.3.1.13 นำหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ที่มีคุณภาพดีไปใช้ในขั้นตอนการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ แบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก มีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์

3.3.2.1 การวางแผนสร้างแบบทดสอบ เป็นขั้นตอนการวางแผนสร้างแบบทดสอบ โดยผู้จัดทำเลือกใช้ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยยึดคุณลักษณะสำคัญของเครื่องมือวัดพฤติกรรมที่ดี ได้แก่ ความเชื่อมั่น (Reliability) อำนาจจำแนก (Discrimination) มีความยากง่าย (Difficulty)

3.3.2.2 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมตามหลักการเรียนรู้ของ Bloom Taxonomies ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแบบทดสอบตามเนื้อหาและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ โดยจัดทำตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์ และให้นำน้ำหนักความสำคัญเพื่อกำหนดเป็นจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบดังตารางที่ 3.4 (สรุปศักดิ์

เอกสารอิมมูร์ตันศักดิ์: 2536) ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	พฤติกรรม				จำนวนแบบทดสอบ
	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	
1. การวิเคราะห์เวกเตอร์					
1.1 รู้ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์					
1.1.1 บอกปริมาณสเกลาร์	2				2
1.1.2 บอกปริมาณเวกเตอร์	2				2
1.2 เข้าใจกฎเกณฑ์พีชคณิตเวกเตอร์					
1.2.1 อธิบายและคำนวณการบวกและการลบเวกเตอร์	1	3			4
1.2.2 อธิบายการคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์	2				2
1.2.3 บอกส่วนประกอบของเวกเตอร์และเวกเตอร์หน่วย	2	3			5
1.2.4 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงสเกลาร์	1	3	1		5
1.2.5 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงเวกเตอร์	2	5			7
1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงแบบต่าง ๆ					
1.3.1 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม	3	4			7
1.3.2 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอกและการแปลงระบบ	3	3			6
1.3.3 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลมและการแปลงระบบ	3	13			16
รวม	21	38	1		60

จากตารางที่ 3.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถแบ่งจำนวนข้อสอบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมได้ดังนี้ ข้อสอบที่ใช้วัดความจำ จำนวน 21 ข้อ ข้อสอบที่ใช้วัดความเข้าใจ จำนวน 38 ข้อ และข้อสอบที่วัดการนำไปใช้ จำนวน 1 ข้อ รวมทั้งหมด 60 ข้อ

3.3.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในขั้นตอนนี้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบ โดยวิเคราะห์จากเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาที่คัดเลือกมาสร้างเป็นบทเรียน จากนั้นสร้างเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย มี 4 ตัวเลือก แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว กำหนดให้ข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดหรือตอบมากกว่าหนึ่งในข้อเดียวกันให้ 0 คะแนน แล้วนำไปปรึกษาผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4 สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อหาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 177)

โดยตรวจสอบความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้หลักเกณฑ์ กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อทดสอบที่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อทดสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อทดสอบที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่านในแต่ละข้อ นำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.5 ไปปรับปรุงแก้ไขได้ตามเกณฑ์ต่อ แล้วนำเสนอผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจ และแก้ไขก่อนนำไปใช้ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2538 : 88-90)

3.3.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการปรับปรุงและแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคมชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร ที่เคยเรียนผ่านวิชานามแม่เหล็กไฟฟ้าเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์มาแล้ว จำนวน 14 คน เนื่องจากจำนวนนักศึกษาที่นำมาทดลองหาค่าความเชื่อมั่นมีจำนวน 14 คนเพราะเป็นนักศึกษาที่เรียนผ่านวิชาวิศวกรรมสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาแล้ว จากนักศึกษาทั้งหมด 27 คน นักศึกษาจำนวนที่เหลือสอบตก และถอนรายวิชา ในการวิจัยเชิงทดลองไม่จำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ ร้อยละ 15-30 ของจำนวนประชากรอยู่ในหลักร้อย ซึ่งนักศึกษาทั้ง 14 คน ก็ถือเป็นกลุ่มทดลองที่อยู่ในเกณฑ์ ร้อยละของจำนวนประชากรทั้งหมด และยังสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลอีกด้วย (ยุทธ ไกยวรรณ. 2546 : 99)

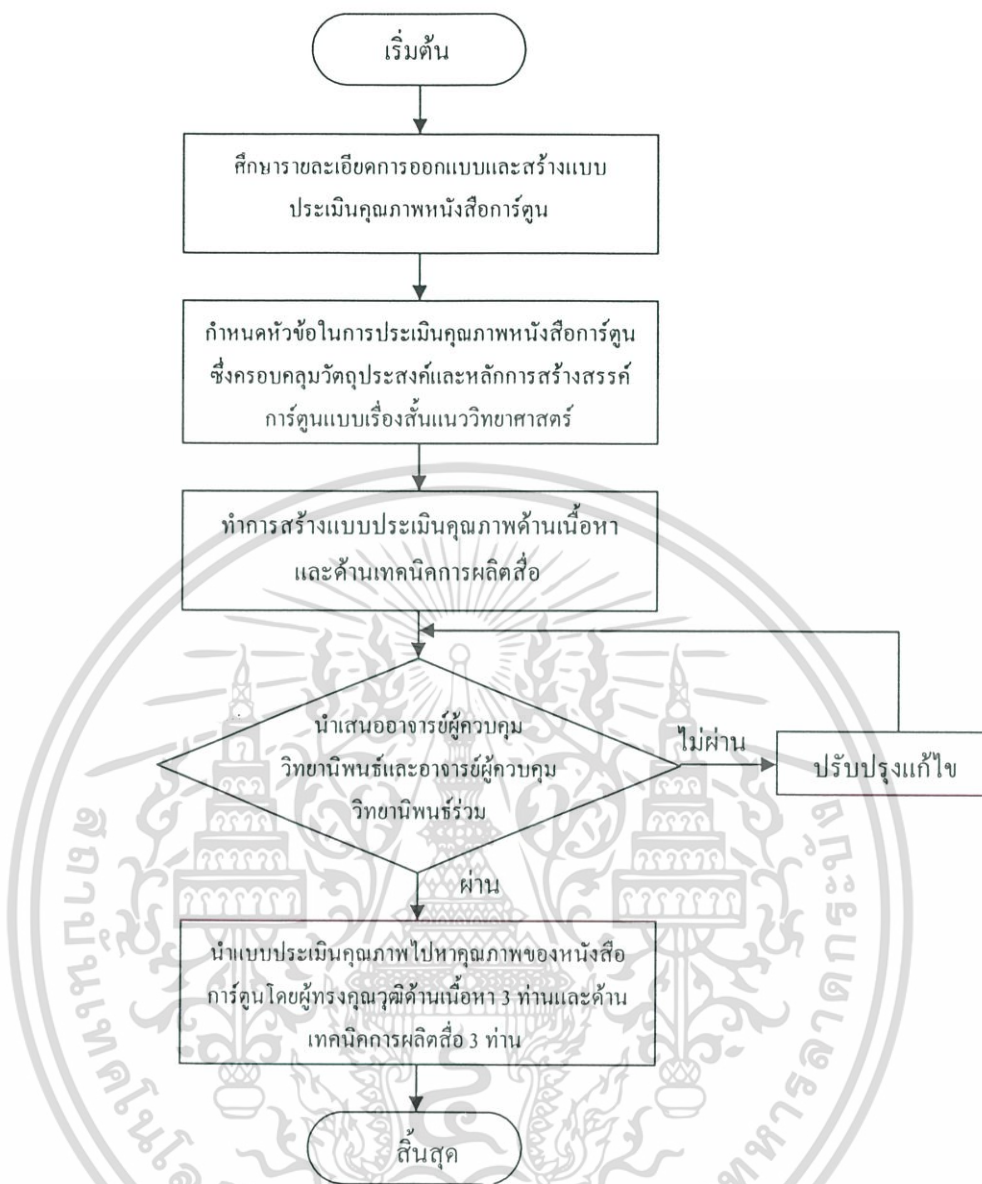
3.3.2.6 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาระดับความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 50 % เพื่อ คัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าระดับความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไปตามจำนวนข้อที่ต้องการ

3.3.2.7 จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร คูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson 20: KR 20)

3.3.2.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ไปใช้ในการวิจัยต่อไป

3.3.3 การสร้างแบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ในการสร้างแบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน ผู้จัดทำได้มีขั้นตอนดำเนินงานดัง รูปที่ 3.3 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนผังการสร้างแบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.3.3.1 ศึกษารายละเอียดการออกแบบ และสร้างแบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ

- 5 คะแนน หมายถึง หนังสือการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดีมาก
- 4 คะแนน หมายถึง หนังสือการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับ ดี
- 3 คะแนน หมายถึง หนังสือการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง
- 2 คะแนน หมายถึง หนังสือการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับ น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่น การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การกำหนดช่วงคะแนน คุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชา
สนามแม่เหล็กไฟฟ้า

4.50 - 5.00 คุณภาพของหนังสือการ์ตูน อยู่ในระดับดีมาก

3.50 - 4.49 คุณภาพของหนังสือการ์ตูน อยู่ในระดับดี

2.50 - 3.49 คุณภาพของหนังสือการ์ตูน อยู่ในระดับดีปานกลาง

1.50 - 2.49 คุณภาพของหนังสือการ์ตูน อยู่ในระดับน้อย

1.00 - 1.49 คุณภาพของหนังสือการ์ตูน อยู่ในระดับน้อยที่สุด

3.3.3.2 ทำการกำหนดหัวข้อในการประเมินด้านคุณภาพหนังสือการ์ตูนซึ่งครอบคลุม
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และหลักการสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์

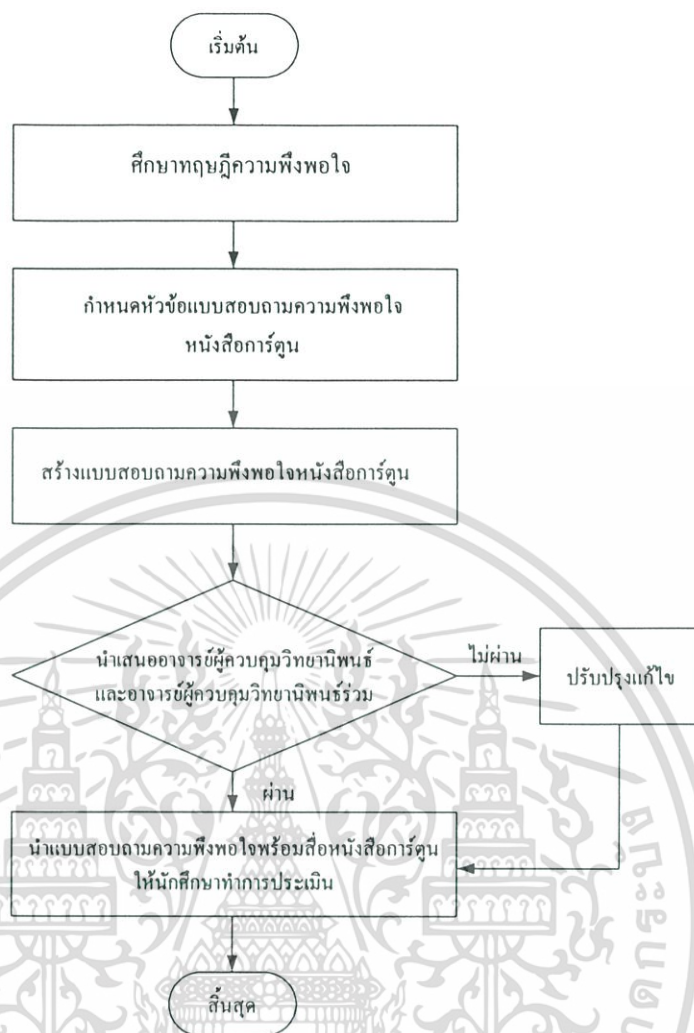
3.3.3.3 ทำการสร้างแบบประเมินคุณภาพ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือด้านเนื้อหา และ
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

3.3.3.4 นำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม
ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบประเมินคุณภาพ

3.3.3.5 นำแบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูนให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3
ท่าน และด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพก่อนนำไปใช้กับกลุ่ม
ตัวอย่าง

3.3.4 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจสื่อหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์
วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ในการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจสื่อหนังสือการ์ตูน ผู้จัดทำได้มีขั้นตอนดำเนินงาน
ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจสื่อหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์
เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.3.4.1 ศึกษาทฤษฎีความพึงพอใจ และศึกษารายละเอียดการออกแบบและสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบลิเคิร์ต (Likert Scale) โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ (ยูทธ ไกรวรรณ. 2546 : 53)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การกำหนดช่วงคะแนน คุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์
วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

4.50 - 5.00 มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน มากที่สุด

3.50 - 4.49 มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน มาก

2.50 - 3.49 มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน ปานกลาง

1.50 - 2.49 มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน น้อย

1.00 - 1.49 มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน น้อยที่สุด

3.3.4.2 ทำการกำหนดหัวข้อแบบสอบถามความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนซึ่งครอบคลุม
วัตถุประสงค์การเรียนรู้ และหลักการสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์

3.3.4.3 ทำการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์
เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.3.4.4 นำเสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม
ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.3.4.5 นำแบบสอบถามความพึงพอใจ ไปสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง
จำนวน 30 คน หลังจากที่เรียนด้วยหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็ก
ไฟฟ้าเสร็จแล้ว

3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้วางแผนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในการพัฒนาหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์
เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ไว้ดังนี้

3.4.1 ขอหนังสือเรียนเชิญผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ประเมิน
คุณภาพสื่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากบัณฑิตศึกษา

3.4.2 นำแบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน ไปหาคุณภาพหนังสือการ์ตูนโดยผู้ทรง
คุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน และด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน

3.4.3 ขอหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล เพื่อทดลองใช้หนังสือการ์ตูนเรื่องการ
วิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า กับกลุ่มตัวอย่าง จากบัณฑิตศึกษา

3.4.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน) ที่มีความเชื่อมั่นสูง ไปทดสอบ
กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

3.4.5 นำหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ไปทดลอง
สอนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยยึดรูปแบบการสอน PSI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) ที่มีความเชื่อมั่นสูง ไปทดสอบกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน หลังจากเรียนเสร็จแล้ว

3.4.7 นำแบบสอบถามความพึงพอใจหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ออกแบบไว้มาสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

3.4.8 นำข้อมูลทั้ง 3 ส่วนที่ได้ คือ (1) คุณภาพหนังสือการ์ตูน (2) คะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (3) ความพึงพอใจ ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักสถิติในการพัฒนาหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ในครั้งนี้แบ่งเป็นส่วนต่างๆ ตามลำดับต่อไปนี้

3.5.1 การหาดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.5.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย หาค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบ และหาค่าความเชื่อมั่น

3.5.3 การประเมินคุณภาพสื่อหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.5.4 การสอบความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.5.5 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียน จากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ระดับนัยสำคัญ .05

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.6.1 การหาดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2538 : 88-90)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.1)$$

IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ΣR หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

N หมายถึง จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย หา ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ และหาค่าความเชื่อมั่น

สูตรการหาค่าความยากง่าย

$$P = \frac{P_H + P_L}{2n} \quad (3.2)$$

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนก (r)

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \quad (3.3)$$

เมื่อ P หมายถึง ค่าความยากง่ายของข้อสอบ

P_H หมายถึง จำนวนคนตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L หมายถึง จำนวนคนตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n หมายถึง จำนวนคนตอบถูกในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

ระดับความยาก (Difficulty) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ “P” มีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00

โดยทั่วไปเราอาจแปลความหมายของค่า P ดังนี้ (สุรศักดิ์ อมรัตน์ศักดิ์, 2536 : 138)

0.81 - 1.00 หรือ 81 - 100% เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก

0.61 - 0.80 หรือ 61 - 80 % เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)

0.41 - 0.60 หรือ 41 - 60 % เป็นข้อสอบที่ยากง่ายปานกลาง (ดี)

0.20 - 0.40 หรือ 20 - 40 % เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)

0.00 - 0.19 หรือ 0 - 19 % เป็นข้อสอบที่ยากมาก

ในการเลือกแบบทดสอบเพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยจะเลือกแบบ ทดสอบที่อยู่ระหว่างค่อนข้างง่ายจนถึงค่อนข้างยาก มาใช้วัดค่า P ที่อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม อยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80

ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) สามารถแปลความหมายได้ดังนี้

0.00 - 0.19 หมายความว่า จำแนกกลุ่มสูง ต่ำไม่ได้ เป็นข้อสอบที่ไม่ควรนำมาใช้วัด

0.20 - 0.49 หมายความว่า จำแนกใช้ได้เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์

0.50 - 0.99 หมายความว่า จำแนกได้ค่อนข้างสูงเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี

1.0 หมายความว่า จำแนกกลุ่มสูงต่ำได้อย่างสมบูรณ์เป็นข้อสอบที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
คุณภาพดี ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปข้อสอบที่มีคุณภาพในค่านำงานจำแนก ควรมีค่าเป็นบวก ข้อสอบที่จะได้คัดเลือกเข้าเป็นแบบทดสอบจะต้องมีค่าอำนาจจำแนกไม่ต่ำกว่า 0.20

การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ กูเดอร์ ริชาร์ดสัน 20 (Kuder Richardson 20)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right\} \quad (3.4)$$

สูตรความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)} \quad (3.5)$$

r_{tt}	หมายถึง	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
n	หมายถึง	จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ
p	หมายถึง	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
q	หมายถึง	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ
S^2	หมายถึง	ค่าความแปรปรวนของคะแนนผู้เข้าสอบทั้งหมด
$\sum X$	หมายถึง	คะแนนรวมทั้งหมดที่ได้จากแบบทดสอบ
N	หมายถึง	จำนวนผู้ทำแบบทดสอบ

ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง $+1.00$ แบบทดสอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น $+1.00$ แสดงว่ามีความเชื่อมั่นสูงคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบนี้เชื่อถือได้

แบบทดสอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.00 หรือใกล้เคียงกับ 0.00 ไปจนถึงค่า -1.00 แสดงว่าแบบทดสอบนี้ไม่มีความเชื่อมั่น คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบนี้เชื่อถือไม่ได้ไม่ควรนำมาใช้

3.6.3 การประเมินคุณภาพและสอบถามความพึงพอใจ สื่อนั่งสื่อกำหนด เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 73)

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{N} \quad (3.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

\bar{X} หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum fx$ หมายถึง ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N หมายถึง จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.6.4 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยใช้สถิติในการทดสอบสมมุติฐาน t-test (คณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544 : 106)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad (3.7)$$

t หมายถึง ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D หมายถึง ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง หรือจำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชา
สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยี
ราชมงคล เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง
ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
โดยการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติ และเสนอผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนประเภทหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์
วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

4.2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์
แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการ
ทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็ก
ไฟฟ้า

4.1 ผลการวิเคราะห์พัฒนาสื่อการเรียนการสอนประเภทหนังสือการ์ตูนเรื่องการ วิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนประเภทหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชา
สนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้ประเมินคุณภาพสื่อจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 6 คน โดยแบ่งเป็นผู้ทรง
คุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน ผลการ
หาคุณภาพหนังสือการ์ตูนโดยใช้สถิติหาค่าเฉลี่ยของแต่ละด้านและค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด ได้ค่าคุณภาพ
หนังสือการ์ตูนดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชา
สนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูนตามระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	\bar{X}	SD	ลำดับ	เกณฑ์
1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง และสอดคล้องตามสังเขปรายวิชา และหลักสูตร	4.66	0.57	1	ดีมาก
2. เนื้อหาที่มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.66	0.57	1	ดีมาก
3. เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน	4.66	0.57	1	ดีมาก
4. ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดในแผนการสอนรายวิชา	3.66	0.57	11	ดี
5. ส่วนกล่าวนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้มีความถูกต้องเหมาะสม และชัดเจน	4.00	0	10	ดี
6. การอธิบายเนื้อหามีความถูกต้อง และชัดเจน	4.33	1.15	2	ดี
7. การสรุปเนื้อหามีความถูกต้อง และชัดเจน	4.33	0.57	2	ดี
8. การยกตัวอย่างประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม	4.33	0.57	2	ดี
9. การกำหนดแบบฝึกหัดมีความเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.33	0.57	2	ดี
10. ความเหมาะสมของวิธีการสอน โดยการใช้สื่อหนังสือการ์ตูนกับเนื้อหาเรื่องนี้	4.33	1.15	2	ดี
11. สื่อนี้มีความน่าสนใจ และจูงใจผู้เรียนให้อยากเรียนเนื้อหา	4.33	1.15	2	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.33	0.29		ดี

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเป็นลำดับหนึ่ง มีอยู่ด้วยกัน 3 หัวข้อ คือ ข้อที่ 1 วัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง และสอดคล้องตามสังเขปรายวิชา และหลักสูตร ข้อที่ 2 เนื้อหาที่มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และข้อที่ 3 เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน ซึ่งจะเห็นได้ว่า หัวข้อทั้ง 3 มีความหมายสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน จึงทำให้ได้ระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากันคือ 4.66

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากันมากที่สุด อยู่ในลำดับที่ 2 มีอยู่ด้วยกัน 6 หัวข้อ คือ ข้อที่ 6 การอธิบายเนื้อหามีความถูกต้อง และชัดเจน ข้อที่ 7 การสรุปเนื้อหามีความถูกต้อง และชัดเจน ข้อที่ 8 การยกตัวอย่างประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นของโรงเรียนและใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเหมาะสม ข้อที่ 9 การกำหนดแบบฝึกหัดมีความเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ข้อที่ 10 ความเหมาะสมของวิธีการสอนโดยการใช้สื่อหนังสือ การ์ตูนกับเนื้อหาเรื่องนี้และข้อที่ 11 สื่อนี้มีความน่าสนใจ และดึงดูดใจผู้เรียนให้อยากเรียนเนื้อหานี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่า (ข้อที่ 6 และข้อที่ 7) (ข้อที่ 8 และข้อที่ 9) และ (ข้อที่ 10 และข้อที่ 11) หัวข้อทั้ง 3 คู่มิมีความหมายสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน และความคิดเห็นทั้ง 3 คู่ ยังเสริมผลการประเมินคุณภาพให้เป็นไปในทิศทางด้วยกัน จึงทำให้ได้ระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับคือ 4.33

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเป็นลำดับที่ 11 คือ ข้อที่ 4 ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดในแผนการสอนรายวิชาซึ่งจะเห็นได้ว่า หัวข้อที่ 4 นี้ ได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3.66 มีระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดี

ดังนั้นผลการประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูนด้านเนื้อหา เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชา สนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย 4.33 ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน 0.29 ดังนั้นหนังสือการ์ตูนมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดี

4.1.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชา สนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน ตามระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	\bar{X}	SD	ลำดับ	เกณฑ์
1. การบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ใช้รูปแบบที่ทำให้เกิดความชัดเจน และเกิดการดึงดูดใจผู้เรียน	4.33	0.57	1	ดี
2. วิธีการกล่าวนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน	4.00	1.00	4	ดี
3. วิธีการนำเสนอเนื้อหามีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน	3.66	0.57	6	ดี
4. วิธีการสรุปเนื้อหามีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน	3.66	0.57	6	ดี
5. ตัวละครที่ใช้ในการ์ตูนมีความเหมาะสม	4.33	1.15	1	ดี
6. ภาษา และคำอธิบายที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม	3.66	0.57	6	ดี
7. ตัวอักษรที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม	3.66	0.57	6	ดี
8. สีที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม	4.33	0.57	1	ดี
9. ภาพการ์ตูน และกราฟฟิกมีความเหมาะสม และน่าสนใจ	4.00	1.00	4	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	\bar{X}	SD	ลำดับ	เกณฑ์
10. องค์ประกอบต่างๆ ในการ์ตูนมีความเหมาะสม และ น่าสนใจ	3.00	0	13	ปานกลาง
11. จำนวนและลำดับการวางเฟรมภาพ มีความถูกต้อง และ เหมาะสม	3.66	0.57	6	ดี
12. การวางกรอบข้อความ คำอธิบาย และคำพูดมีความ เหมาะสม	3.66	0.57	6	ดี
13. การวางรูปแบบการดำเนินเรื่อง การเชื่อมโยงเนื้อหา มี ความเหมาะสม ก่อให้เกิดความน่าสนใจ	4.00	0	4	ดี
ค่าเฉลี่ย	3.84	0.37		ดี

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเป็นลำดับหนึ่ง มีอยู่ด้วยกัน 3 หัวข้อ คือ ข้อที่ 1 การบอกรวดลประสงค์การเรียนรู้ ใช้รูปแบบที่ทำให้เกิดความชัดเจน และเกิดการจูงใจผู้เรียน ข้อที่ 5 ตัวละครที่ใช้ในการ์ตูนมีความเหมาะสม และข้อที่ 8 สีที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม ซึ่งจะเห็นได้ว่า หัวข้อทั้ง 3 มีความหมายสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน จึงทำให้ได้ระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากันคือ 4.33

ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากันมากที่สุด อยู่ในลำดับที่ 6 มีอยู่ด้วยกัน 6 หัวข้อ คือ ข้อที่ 3 วิธีการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน ข้อที่ 4 วิธีการสรุปเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน ข้อที่ 6 ภาษาและคำอธิบายที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม ข้อที่ 7 ตัวอักษรที่ใช้มีความถูกต้องและเหมาะสม ข้อที่ 11 จำนวนและลำดับการวางเฟรมภาพ มีความถูกต้องและเหมาะสม และข้อที่ 12 การวางกรอบข้อความ คำอธิบาย และคำพูดมีความเหมาะสม ซึ่ง จะเห็นได้ว่า (ข้อที่ 3 และข้อที่ 4) (ข้อที่ 6 และข้อที่ 7) และ (ข้อที่ 11 และข้อที่ 12) หัวข้อทั้ง 3 กลุ่มมีความหมายสัมพันธ์ในลักษณะเดียวกัน จึงทำให้ได้ระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดี ค่าเฉลี่ย เท่ากันคือ 3.66

ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เป็นลำดับที่ 13 คือ ข้อที่ 10 องค์ประกอบต่างๆ ในการ์ตูนมีความเหมาะสม และน่าสนใจ ซึ่งจะ เห็นได้ว่า หัวข้อที่ 10 นี้ ได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 3.00 มีระดับความคิดเห็นปานกลาง

ดังนั้นผลการประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ย 3.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 ดังนั้นหนังสือการ์ตูนมีคุณภาพด้านด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในเกณฑ์ดี

4.1.3 ผลการประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูนตามระดับความคิดเห็นทั้งฉบับ

รายการ	\bar{X}	SD
คุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน	4.33	0.29
คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน	3.84	0.37
คุณภาพหนังสือการ์ตูน	4.08	0.41

จากตารางที่ 4.3 ผลการหาคุณภาพสื่อหนังสือการ์ตูน โดยใช้สถิติหาค่าเฉลี่ยของแต่ละด้าน และค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด ได้ค่าคุณภาพสื่อหนังสือการ์ตูนดังนี้

คุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน มีค่าเฉลี่ย 4.33 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี
 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน มีค่าเฉลี่ย 3.84 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี
 คุณภาพหนังสือการ์ตูนทั้ง 2 ด้าน มีค่าเฉลี่ย 4.08 ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

4.2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน

รายการประเมิน	\bar{X}	SD	ลำดับ	เกณฑ์
1. เรื่องราวมีความน่าสนใจ และจูงใจ	4.30	0.59	13	มาก
2. การวาดต้นฉบับสวยงามน่าสนใจ	4.36	0.66	10	มาก
3. ลำดับเรื่องราวและการไหลของเฟรมง่ายต่อการอ่าน	4.43	0.67	6	มาก
4. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น	4.10	0.48	22	มาก
5. หนังสือการ์ตูนมีการบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.66	0.47	1	มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

รายการประเมิน	\bar{X}	SD	ลำดับ	เกณฑ์
6. หนังสือการ์ตูนชี้แนวทางการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	4.06	0.63	23	มาก
7. เนื้อเรื่องตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.53	0.77	3	มากที่สุด
8. เนื้อเรื่องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.46	0.62	5	มาก
9. ให้ความเพลิดเพลิน และเสริมแรงจูงใจในการเรียน	4.40	0.77	8	มาก
10. หนังสือการ์ตูนมีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	4.26	0.69	14	มาก
11. ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม	4.53	0.57	3	มากที่สุด
12. ภาพการ์ตูน กราฟฟิก ที่นำเสนอสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น	4.36	0.61	10	มาก
13. ความชัดเจนของการอธิบายและการให้ตัวอย่าง	3.96	0.66	24	มาก
14. ความเหมาะสมของวิธีการสอน โดยการใช้สื่อหนังสือการ์ตูน	3.90	0.71	26	มาก
15. มีความเหมาะสมในการเป็นหนังสืออ่านประกอบ	4.23	0.62	15	มาก
16. หนังสือให้อิสระต่อการเรียนด้วยตนเอง	4.60	0.67	2	มากที่สุด
17. หนังสือช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้ผู้เรียน	4.43	0.50	6	มาก
18. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.13	0.50	19	มาก
19. มีวิธีการนำเสนอเหมาะสม	4.13	0.57	19	มาก
20. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียน	3.53	0.68	29	มาก
21. ความสะดวกในการใช้หนังสือการ์ตูน	3.93	0.73	25	มาก
22. ความยากง่ายของแบบฝึกหัดและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน	3.80	0.66	27	มาก
23. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อ	4.13	0.77	19	มาก
24. โดยสรุปแล้ว หลังการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูน ท่านมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงใด	3.76	0.43	28	มาก
25. ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับความรู้ของผู้เรียน	4.16	0.69	16	มาก
26. หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนอยากอ่านซ้ำเพียงใด	4.33	0.71	12	มาก
27. หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	4.40	0.67	8	มาก
28. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเพียงใด	4.16	0.59	16	มาก
29. ผู้เรียนเห็นด้วยกับการสร้างสื่อการสอนแบบหนังสือการ์ตูนกับวิชาอื่น ๆ เพียงใด	4.16	0.69	16	มาก
ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน		4.21		มาก
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)		0.26		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.26

หัวข้อที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมากที่สุด คือ (1) หนังสือการ์ตูนมีการบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (2) เนื้อเรื่องตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (3) ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม และ (4) หนังสือให้อิสระต่อการเรียนด้วยตนเอง ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าหนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดต่อการใช้นหนังสือการ์ตูนในการสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์

หัวข้อที่ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมาก คือ (1) เรื่องราวมีความน่าสนใจ และจูงใจ (2) การวาดค้นฉบับสวยงามน่าสนใจ (3) ลำดับเรื่องราวและการไหลของเฟรมง่ายต่อการอ่าน (4) ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น (5) หนังสือการ์ตูนชี้แนวทางการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม (6) เนื้อเรื่องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน (7) ให้ความเพลิดเพลิน และเสริมแรงจูงใจในการเรียน (8) หนังสือการ์ตูนมีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา (9) ภาพการ์ตูน กราฟฟิก ที่นำเสนอสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น (10) มีความเหมาะสมในการเป็นหนังสืออ่านประกอบ (11) หนังสือช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้ผู้เรียน (12) ความถูกต้องของเนื้อหา (13) มีวิธีการนำเสนอเหมาะสม (14) แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อหา (15) ความเหมาะสมของเนื้อหาที่ระดับความรู้ของผู้เรียน (16) หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนอยากอ่านซ้ำเพียงใด (17) หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (18) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเพียงใด (19) ผู้เรียนเห็นด้วยกับการสร้างสื่อการสอนแบบหนังสือการ์ตูนกับวิชาอื่น ๆ เพียงใด ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าหนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดต่อการใช้นหนังสือการ์ตูนในการสอนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์

หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 4.00 คือ (1) ความชัดเจนของการอธิบายและการให้ตัวอย่าง (2) ความเหมาะสมของวิธีการสอนโดยการใช้สื่อหนังสือการ์ตูน (3) ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียน (4) ความสะดวกในการใช้นหนังสือการ์ตูน (5) ความยากง่ายของแบบฝึกหัดและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน (6) โดยสรุปแล้วหลังการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูน ท่านมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงใด ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าหนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมาก เกี่ยวกับการใช้นหนังสือการ์ตูนสามารถให้ความรู้เนื้อหาเกี่ยวเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ได้ แต่ผู้เรียนยังมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนอยู่ในระดับมาก

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียน กับการทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับมาก $r_{tt} = 0.933$ กับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์

	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยผลต่างก่อนกับหลัง	SD ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง	df	t
ทดสอบก่อนเรียน	15.833	22.600	4.917	29	25.173*
ทดสอบหลังเรียน	38.433				

* $p < 0.05$

สมมติฐาน H_0 ; $\mu_1 = \mu_2$ การทดสอบหลังเรียน (μ_1) ไม่แตกต่างจากการทดสอบก่อนเรียน (μ_2)

H_1 ; $\mu_1 > \mu_2$ การทดสอบหลังเรียน (μ_1) สูงกว่าการทดสอบก่อนเรียน (μ_2)

เนื่องจากค่า $t_{คำนวณ}$ ที่คำนวณได้เท่ากับ 25.173 มีค่ามากกว่า ค่า $t_{0.05,(29)}$ จากการเปิดตารางแจกแจงที่เท่ากับ 2.045 ซึ่ง $t_{คำนวณ}$ มากกว่าค่าวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 ดังนั้นการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พ.ศ.2545 แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กลุ่มวิชาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1.1 เพื่อพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

5.1.1.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

5.1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

5.1.2.1 หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพระดับดีขึ้นไป จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

5.1.2.2 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในระดับมาก

5.1.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ระดับนัยสำคัญ .05

5.1.3 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ทำการเรียนการสอนในสายช่างอุตสาหกรรม ได้แก่ วิทยาเขตขอนแก่น วิทยาเขตสกลนคร และ วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2548 จำนวนทั้งหมด 150 คน

5.1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร ที่ลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน โดยได้จากวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

5.1.4.1 หนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.1.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ โดยใช้แบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก

5.1.4.3 แบบประเมินคุณภาพหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.1.4.4 แบบสอบถามความพึงพอใจหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.1.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยใช้วิธีการทดลองแบบ Pretest-Posttest Design คือใช้ศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ลงทะเบียนเรียน ปีการศึกษา 2548 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยใช้หนังสือการ์ตูน 1 เล่มต่อคน และใช้เวลาเรียนตามที่กำหนดในตารางที่ 2.1 การแบ่งหน่วย บทเรียน และหัวข้อ มีการทดสอบความรู้ก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แล้วทำการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งในระหว่างการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถที่จะทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่จัดไว้ให้ภายในหนังสือการ์ตูนได้ หลังจากการเรียนรู้จบทุกครั้งแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียน จากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ นนทบุรีวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.6.1 การหาดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

5.1.6.2 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย หาค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบ และหาค่าความเชื่อมั่น

5.1.6.3 การประเมินคุณภาพสื่อหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.1.6.4 การสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.1.6.5 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ระดับนัยสำคัญ .05

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนประเภทหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อ โดยใช้หลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อ และหลักการสร้างการ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้สร้างการ์ตูนทั้งหมดด้วยกัน 9 ตอน เพื่ออธิบายเนื้อหาเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์การสอน

ผลการหาคุณภาพหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีดังนี้ คุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.29 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.84 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.37 และคุณภาพของหนังสือการ์ตูนมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 4.08 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.41 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และสามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการวิจัยได้

ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ มาก โดยมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.26

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียน ซึ่งได้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาตรวจสอบความถูกต้อง และความสอดคล้องของข้อสอบ จากนั้นนำข้อสอบที่สอดคล้อง ไปหาความยากง่ายและอำนาจการจำแนกของข้อสอบ เพื่อนำเอาข้อสอบที่ได้ไปคัดเลือกตามการวิเคราะห์วัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า $rtt = 0.933$ จากนั้นทำการทดลองโดยการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ทุกครั้งที่ทำการสอน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ผลการวิจัยที่ได้จากการพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 4.08 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.41 ซึ่งผลที่ได้เกิดจากการประเมินคุณภาพสื่อหนังสือการ์ตูนโดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ การอภิปรายผลการประเมินคุณภาพสื่อแบ่งเป็น 2 ด้านดังนี้

5.2.1.1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาได้ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูนอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.29 และได้แสดงความคิดเห็นไว้ดังนี้

1. หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.66$) มีอยู่ด้วยกัน 3 หัวข้อ คือ
 - 1.1 วัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง และสอดคล้องตามสังเขปรายวิชา และหลักสูตร
 - 1.2 เนื้อหามีความถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้
 - 1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน

เนื่องจากหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ถูกต้องและสอดคล้องตามสังเขปรายวิชาและหลักสูตรรายวิชา ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2545 และเนื้อหาที่ถ่ายทอดด้วยการ์ตูนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้เพราะได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ตัวละครที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อถ่ายทอดเรื่องราว อธิบายเนื้อหาเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน เนื่องจากเนื้อเรื่องการ์ตูนจะเป็นแนววิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับเรื่องราวของวัยรุ่น วัยเรียน มีความน่ารักและน่าสนใจ

2. หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากันมากที่สุด ($\bar{X} = 4.33$) มีอยู่ด้วยกัน 6 หัวข้อ คือ
 - 2.1 การอธิบายเนื้อหาที่มีความถูกต้อง และชัดเจน
 - 2.2 การสรุปเนื้อหาที่มีความถูกต้อง และชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.3 การยกตัวอย่างประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจนและเหมาะสม
- 2.4 การกำหนดแบบฝึกหัดมีความเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้
- 2.5 ความเหมาะสมของวิธีการสอนโดยการใช้สื่อหนังสือการ์ตูนกับเนื้อหาเรื่องนี้
- 2.6 สื่อนี้มีความน่าสนใจ และจูงใจผู้เรียนให้อยากเรียนเนื้อหา

เนื่องจากหัวข้อทั้ง 6 หัวข้อนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นตรงกันว่า หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถถ่ายทอดและนำเสนอวิธีการสอนอย่างเป็นเรื่องราวได้อย่างเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา จึงทำให้เกิดเป็นสื่อประเภทหนังสือการ์ตูนที่มีความน่าสนใจและจูงใจผู้เรียนให้ชอบและอยากเรียนด้วยการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ ลลิตา บุวนกร (2546 : บทคัดย่อ) วิทยุรุ่นไทยร้อยละ 90 ต่างก็ชอบอ่านการ์ตูน และการ์ตูนยังสามารถอธิบายเนื้อหาวิชาได้อย่างถูกต้องและชัดเจน พร้อมมีการยกตัวอย่างที่เข้าใจง่ายและมีการกำหนดแบบฝึกหัดมีความเหมาะสมและสอดคล้องวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

3. หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($\bar{X} = 3.66$) คือ

3.1 ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดในแผนการสอนรายวิชา

เนื่องจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน เนื้อเรื่องในบ้างตอนมีเนื้อหา สูตร และสมการแวกเตอร์ ค่อนข้างเยอะ ในการสอนแต่ละครั้งจะใช้เวลา 3 คาบ (150 นาที) ต่อการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ จำนวน 3 ตอน จะเห็นได้ว่าเนื้อหายังค่อนข้างบีบอัดเพื่อให้ทันกับเวลา 3 คาบต่อการสอนหนึ่งครั้ง จึงทำให้หัวข้อนี้ได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่ยังมีระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดี

5.2.1.2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อได้ประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูนอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 3.84 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เท่ากับ 0.37 และได้แสดงความคิดเห็นไว้ดังนี้

1. หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.33$) มีอยู่ด้วยกัน 3 หัวข้อคือ

- 1.1 การบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ใช้รูปแบบที่ทำให้เกิดความชัดเจน และเกิดการจูงใจผู้เรียน
- 1.2 ตัวละครที่ใช้ในการ์ตูนมีความเหมาะสม
- 1.3 สีที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม

เนื่องจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีวิธี

บอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่มีรูปแบบที่ทำให้เกิดความชัดเจน และเกิดการจูงใจผู้เรียนได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหนังสือการ์ตูนมีการออกแบบตัวละครที่เหมาะสมมีการเล่าเรื่อง และถ่ายทอดเนื้อหาวิชา ได้ถูกต้อง และที่สำคัญการใช้สี และคอมพิวเตอร์กราฟฟิกตกแต่งภาพมีความสวยงาม เหมาะสมดี จึงทำให้เกิดการจูงใจผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะสอดคล้องกับ ศิริพร จันทร์ยาวงศ์ (2542 : บทคัดย่อ) ที่นำเอาการ์ตูนตลกในท้องตลาด เช่น ชายหัวเราะและมหาสนุก เป็นต้น มาให้นักเรียน อ่าน แล้วทำให้นักเรียนจดจำคำศัพท์ สำนวน และคำแสลง ได้เป็นอย่างดี เป็นเพราะตัวละคร มีความน่าสนใจ และเรื่องราวที่สนุกสนาน จึงทำให้เกิดแรงจูงใจ

2. หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากันมากที่สุด ($\bar{X} = 3.66$) มีอยู่ด้วยกัน 6 หัวข้อ คือ

- 2.1 วิธีการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน
- 2.2 วิธีการสรุปเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน
- 2.3 ภาษา และคำอธิบายที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม
- 2.4 ตัวอักษรที่ใช้มีความถูกต้องและเหมาะสม
- 2.5 จำนวนและลำดับการวางเฟรมภาพ มีความถูกต้องและเหมาะสม
- 2.6 การวางกรอบข้อความ คำอธิบาย และคำพูดมีความเหมาะสม

เนื่องจากหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า วิธีการนำเสนอเนื้อหาและสรุปเนื้อหา ที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจนดี ด้วยการใชภษา คำอธิบาย และตัวอักษรที่ใช้ถูกต้องดี จำนวนและลำดับการวางเฟรมภาพ มีความถูกต้อง รวมถึงการวางกรอบข้อความ คำพูดมีความเหมาะสมดี เพราะผู้วิจัยได้ยึดหลักการสร้างสรรค์การ์ตูนแบบเรื่องสั้นแนววิทยาศาสตร์ เป็นกรอบแนวความคิดในการวิจัยครั้งนี้

3. หัวข้อที่ได้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ($\bar{X} = 3.00$) คือ

- 3.1 องค์ประกอบต่าง ๆ ในการ์ตูนมีความเหมาะสม และน่าสนใจ

เนื่องจากการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ยังมีองค์ประกอบต่าง ๆ ในการ์ตูนมีความเหมาะสม และน่าสนใจ อยู่ในระดับปานกลาง เพราะองค์ประกอบในการเขียนบทการ์ตูนยังมีความขัดแย้งความเป็นจริงอยู่บ้าง แม้แนวคิดและวิธีการนำเสนอที่น่าสนใจ แต่ในกรณีที่อธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับฟิสิกส์ ผู้วิจัยยังขาดการอธิบายด้วยภาพการ์ตูนที่เข้าใจได้ง่าย ๆ และมีความธรรมดามากที่สุด องค์ประกอบทางด้านเทคนิคและวิธีวาดภาพผู้วิจัยยังขาดประสบการณ์ทางด้านสัดส่วน มิติ มุมมอง และฉากหลัง ที่ใช้ในการลำดับเรื่องราวด้วยภาพยังไม่ราบรื่นเท่าที่ควร

5.2.2 ผลการวิจัยผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) เท่ากับ 0.26

ผลการวิจัยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมากจนถึงมากที่สุด โดยแบ่งได้ตามกลุ่มหัวข้อที่ใช้วัดความพึงพอใจได้ดังนี้

1. หัวข้อที่มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมากที่สุด 4 อันดับ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
1.1. หนังสือการ์ตูนมีการบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2 หนังสือให้อิสระต่อการเรียนด้วยตนเอง
- 1.3 ภาษาและบทพูดที่ใช้มีความเหมาะสม
- 1.4 เนื้อเรื่องอธิบายเนื้อหาเข้าใจตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

เนื่องจากผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมากที่สุดเช่นนี้ เพราะหนังสือการ์ตูน มีการบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจน เนื้อเรื่องอธิบายเนื้อหาเข้าใจตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ใช้ภาษาและบทพูดที่มีความเหมาะสม และหนังสือการ์ตูนยังให้อิสระต่อการเรียนด้วยตนเองมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 จะเห็นว่า หลักการจัดการศึกษาตาม พ.ร.บ. แห่งชาติฉบับนี้ เป็นการจัดการศึกษาโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง จากสื่อประเภทต่างๆ ที่ผู้สอนได้จัดทำขึ้น ดังนั้นสื่อประเภท หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ จึงเป็นสื่อการสอนแบบใหม่ที่มีใช้ไม่มากนักในระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพ หรือสูงกว่า ผู้เรียนจึงให้ความสนใจมากเป็นพิเศษ โดยเฉพาะตัวละครมีบุคลิกน่ารัก น่าสนใจ และเนื้อเรื่องมีการผสมผสานระหว่างการ์ตูนเรื่องสั้นให้เข้ากับแคลคูลัสเวกเตอร์ได้อย่างลงตัว

2. หัวข้อที่มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนอยู่ในระดับมาก 5 อันดับแรก คือ

- 2.1 เนื้อเรื่องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน
- 2.2 ลำดับเรื่องราวและการไหลของเฟรมง่ายต่อการอ่าน
- 2.3 หนังสือช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้ผู้เรียน
- 2.4 ให้ความเพลิดเพลิน และเสริมแรงจูงใจในการเรียน
- 2.5 หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

เนื่องจากผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนอยู่ในระดับมาก เพราะหนังสือการ์ตูนสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้น เพราะให้ความเพลิดเพลิน และเสริมแรงจูงใจในการเรียน โดยการใช้ภาพการ์ตูนที่ตกแต่งด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกนำเสนอเรื่องราวทำให้ไม่เกิดความน่าเบื่อ และยังช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้ผู้เรียน ผลการวิจัยยังพบว่าผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับจุดหมายรายวิชา ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีกับรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล . 2545)

3. หัวข้อที่มีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนน้อยที่สุด คือ (1) ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียน ($\bar{X} = 3.53$) เนื่องจากเวลาที่ใช้สอนจริงมีเวลาน้อยเกินไปไม่เหมาะสมกับจำนวนเนื้อหา อาจเกิดจากความไม่เคยชินของผู้เรียนกับการใช้สื่อการสอนประเภทหนังสือการ์ตูนที่ต้องทำความเข้าใจกับเนื้อเรื่อง และเนื้อหาวิชาไปพร้อม ๆ กัน และหัวข้อความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียน ยังสอดคล้องกับระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินคุณภาพด้าน

เนื้อหาของหนังสือการ์ตูน หัวข้อปริมาณเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดในแผนการสอนรายวิชา

5.2.3 ผลการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียน ผลการทดลองปรากฏว่าการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ผลการวิจัยที่ได้เกิดจากการวางแผนออกแบบและสร้างหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีคุณภาพดี พร้อมทั้งการใช้แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นสูง และใช้รูปแบบการสอนแบบ PSI (Personalized System of Instruction) หรือ เคลเลอร์แพลน (Keller Plan) (สุรางค์ โค้วตระกูล.2545 :185) จึงทำให้ได้ผลการทดลองเป็นตามสมมติฐาน และผลวิจัยที่ได้ยังสอดคล้องกับผู้วิจัยหลายท่านเกี่ยวกับการใช้สื่อการเรียนการสอนด้วยการ์ตูน ซึ่งส่วนมากจะใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาภาษาไทย ภาษาอังกฤษ พุทธศาสนา และสังคมศึกษา เป็นต้น เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และยังทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น เช่น ชีระวุฒิ สุวรรณภู (2541 : บทคัดย่อ) ชาตรี ลามะไห (2540 : บทคัดย่อ) และศิริพร จันทร์ขาววงศ์ (2542 : บทคัดย่อ)

5.2.4 จากผลการวิจัยของแต่ละวัตถุประสงค์การวิจัยต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพดี สามารถทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนมาก และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จึงทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์นี้ จะทำให้หนังสือการ์ตูนเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในการเรียนการสอนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และระดับปริญญาตรี ซึ่งการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาก ซึ่งเป็นไปตามจุดมุ่งหมายรายวิชา

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลวิจัยไปใช้

5.3.1.1 หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริง

5.3.1.2 หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ให้อิสระต่อการเรียนด้วยตนเองของผู้เรียน สร้างความเพลิดเพลิน ที่สำคัญเรื่องราวที่ถูกเรียบเรียงขึ้นจะทำให้ผู้เรียนจดจำเนื้อหาได้ดีขึ้น และเกิดการอ่านซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1.3 หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการสอน หนังสืออ่านประกอบ และอ่านนอกเวลา เพื่อสร้างจินตนาการให้กับผู้เรียน

5.3.1.4 หนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

5.3.2.1 วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนการสอนแบบปกติกับการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.3.2.2 วิจัยพัฒนาสื่อประเภทหนังสือการ์ตูนในหัวข้อเรื่องอื่นๆ ของรายวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และในรายวิชาอื่นๆ โดยเฉพาะในรายวิชาที่ต้องใช้จินตนาการมาก ๆ

5.3.2.3 วิจัยพัฒนาสื่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบการ์ตูนอนิเมชัน 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อให้เกิดความสมจริงมากขึ้น



บรรณานุกรม

- กานดา พูนลาภทวี. 2530. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพมหานคร : ฟิสสิกส์เซนเตอร์.
- คณาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544. **ความน่าจะเป็นและสถิติ**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัดพิทักษ์การพิมพ์.
- จกกุล กานเปรม. 2529. **A Comparative Study of Learning Achievement by Using Cartoon Slides with Various Types of Descriptive Sound**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ชมรมนักเขียนและผู้จัดทำหนังสือวิทยาศาสตร์ สังกัดสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2549. **หลักการเขียนนิยายวิทยาศาสตร์**. [Online]. Available : http://www.praphansarn.com/new/c_lift/detail.asp?ID=97.
- ชัยขงค์ พรหมวงส์. 2526. **เทคโนโลยีการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : โอเคียนสโตร์.
- ชาติรี ตามะไห. 2540. **เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องกฎแห่งกรรมและพุทธศาสนสุภาษิต วิชาพระพุทธศาสนา ระหว่างการสอนด้วยนิทานประกอบการ์ตูนและการสอนปกติ**. ภาควิชาครุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ดิเรก มณีวรรณ. 2543. **"การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ"**. ขอนแก่น : เอกสารประกอบการเรียน วิชาการวัดผลการศึกษา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น. (อัดสำเนา).
- ธีระวุฒิ สุวรรณภู. 2541. **เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 วิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง สิ่งเสพติด โดยการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนกับการสอนแบบปกติ**. ภาควิชาครุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- นภาพรณ์ ทักษิณนิมิตร. 2542. **การพัฒนาเว็บเพจ เรื่องเทคโนโลยีฐานข้อมูลออรากิล**. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- นิตยา เวีสุวรรณ. 2538. **การศึกษาเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้บทเรียน สไลด์ เทป ประกอบเสียงภาพการ์ตูนผสมภาพถ่าย กับสไลด์เทปประกอบเสียงภาพถ่ายวิชา "ความปลอดภัย"**. สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2538. **การประเมินผลการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บุญธรรม กิจปริคาบวิสุทธ์. 2543. สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : เรือนแก้วการพิมพ์.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. หนังสือราชกิจจานุเบกษา ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 116 ตอนที่ 74 ก. ประกาศ ณ วันที่ 19 สิงหาคม พ.ศ. 2542.
- พิน กงพูล. 2529. ความพึงพอใจที่มีต่อบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของคณะกรรมการ ประถมศึกษาจังหวัด ใน 14 จังหวัดภาคใต้. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา.
- บุษกร ไกรวรรณ. 2546. สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : พิมพ์ดี.
- ลลิตา ขุนนากร. 2003. “การวิเคราะห์เนื้อหาหนังสือการ์ตูนสำหรับวัยรุ่นที่แปลมาจากภาษา ญี่ปุ่น.” [Online]. Available : <http://library.rii.ac.th/dbresearch/images/b40.htm>.
- ล้วน สายยศ, อังคณา สายยศ. 2538. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.
- วิภา อุดมฉันท. 2544. การผลิตสื่อโทรทัศน์และสื่อคอมพิวเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. 2536. พฤติกรรมมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิสุทธ์ อธิธรรม. 2543. วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศิริพร จันทร์ยวรงค์. 2542. Analyzing Thai Usage in cartoon Books to Develop Thai Language Skill Supplementary Exercise for Thai Elementary Level Education. สาขาวิชาการสอนภาษาไทย บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2545. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มไฟฟ้าสาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545. ปทุมธานี : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.
- สุวัฒนา ไบเจริญ . 2540. “ความพึงพอใจของลูกค้ำต่อการให้บริการของธนาคารออมสินสาขา ขอนแก่น(ภาคค้ำ).” วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- สุรศักดิ์ อมรัตน์ศักดิ์. 2536. ทฤษฎีทางการทดสอบ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุรางค์ ไคว้ตระกูล. 2545. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สังเขต นาคไพจิตร. 2003. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนจากการ์ตูนสีกับการ์ตูนขาวดำ. [Online]. Available : <http://library.rii.ac.th/>
- อำนาจ เดชชัยศรี. 2544. นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ กรุงเทพมหานคร :
คุรุสภาลาดพร้าว.
- The society for the study of manga Techniques. 2545ก-จ. **How to draw Manga** คู่มือการวาดการ์ตูนเล่มที่ 1 - 5. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภาลาดพร้าว.
- The society for the study of manga Techniques. 2546ก. **How to draw Manga** เทคนิคการวาดฉากต่อสู้. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภาลาดพร้าว.
- The society for the study of manga Techniques. 2546ข. **How to draw Manga** เทคนิคการวาดสาวน้อยน่ารัก. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภาลาดพร้าว.
- The society for the study of manga Techniques. 2546ค. **How to draw Manga** เทคนิคการวาดร่างกายและกล้ามเนื้อ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภาลาดพร้าว.
- The society for the study of manga Techniques. 2546ง. **How to draw Manga** เทคนิคการทำต้นฉบับภาพสี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : คุรุสภาลาดพร้าว.
- Good V. carter . 1973. Dictionary of Education. 3rd ed. New York ; McGraw-hill.
- Magdy F. Iskanda. 1992. **Electromagnetics Fields and Waves**. USA :Prentice Hall.
- Morse C. Nancy . 1958. **Satisfaction in the White Collar Job**. Michigan : University of Michigan.
- William H. Hayt, John A. Buck. 2001. **Engineering Electromagnetics**. 6th Edition. Singapore : McGraw-hill companies.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.0ว. 4843

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

พฤษภาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน นายวิจิต อดสาหกิจ

- สิ่งที่ส่งมาด้วย
- แบบขอประเมินคุณภาพสื่อการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย
 - หนังสือการดู เรื่อง การวิเคราะห์หัวข้อโครง วิชาสนามแม่เหล็กแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อการวิจัย

ด้วย นายอวยชัย ขาธงไชย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหนังสือการดู เรื่อง การวิเคราะห์หัวข้อโครง วิชาสนามแม่เหล็กแม่เหล็กไฟฟ้า ความลึกซึ้งดูประเภทวิทยานิพนธ์ชั้นสูง พุทธศักราช 2548 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล" โดย มีรศ.วิสุทธิ สุนทรภักทพงศ์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ศส.พีระวุฒิ สุวารณจันทร์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพสื่อการสอนดังกล่าวนี้แนบมาพร้อมนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินคุณภาพของงานจะช่วยให้งานวิจัยของ นายอวยชัย ขาธงไชย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศกัญณ์ กลิ่นเกษม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

แก่ฝ่ายบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

**หมายเหตุ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ได้แก่

อาจารย์โกศล ตราชู อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์
อุดมศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์บัญชา แสนโสดา อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะ
ครุศาสตร์อุดมศึกษา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร

อาจารย์วรรณชาติ เทศวินน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ
เอกสารโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุดมศึกษา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.0ว 4343

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

พฤษภาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพเพื่อการสอบด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน นายวิจิต อุดสาหกิจ

- สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพเพื่อการสอบด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อการวิจัย
2. หนังสือการดู เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อการ

ด้วย นายอวยชัย ขางไชย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศาสตรบัณฑิตศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหนังสือการ์ตูน เรื่อง การวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล" โดยมี ศ.ดร.วิศุทธิ์ สุนทรภณภงษ์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ เป็นคณาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการอุดมศึกษา พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินคุณภาพเพื่อการสอบดังที่แนบมาพร้อมทั้งมีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินคุณภาพของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายอวยชัย ขางไชย มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นมรกต)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทร. 02-337-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

**หมายเหตุ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน ได้แก่

ดร. ขนบพร วงกาฬสินธุ์ อาจารย์ประจำภาควิชาศึกษาทั่วไป คณะวิชาศึกษาทั่วไป สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร

นายวิจิต อุดสาหกิจ บรรณาธิการหนังสือการ์ตูนชายหัวเราะและการ์ตูนมหาสนุก สำนักพิมพ์บันลือสาสน์

นายวรวุฒิ วรวิทยานนท์ บรรณาธิการบริหารหนังสือการ์ตูนไทยคอมมิค สำนักพิมพ์วิบูลย์กิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 4908

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

/4/ พฤศจิกายน 2548

เรื่อง ขอลงความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้สื่อการสอนเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาเขตสกลนคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (นายวสันต์ แสงมาลี)

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. หนังสือการ์ตูน เรื่อง การวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน เพื่อการวิจัย

ด้วย นายอวยชัย ขาธงไชย นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาหนังสือการ์ตูน เรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล" คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายอวยชัย ขาธงไชย ทดลองใช้สื่อการสอนกับนักศึกษาคณะวิชาไฟฟ้า แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จำนวน 30 คน ณ ห้อง 7305 คณะวิชาไฟฟ้า และใช้แบบทดสอบและแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อหนังสือการ์ตูน เพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้
ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร 02-326-4325



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

เรื่องการพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

จัดทำโดย

นายอวยชัย ยางงไชย

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา เรื่องการพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์ วิชา
 สานามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545 สถาบัน
 เทคโนโลยีราชมงคล

คำชี้แจง ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน
 ตามระดับความคิดเห็นโดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องข้อความตามความเห็น (แต่ละข้อให้ทำ
 เครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง และสอดคล้องตาม สังเขปรายวิชา และหลักสูตร					
2. เนื้อหามีความถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การ เรียนรู้					
3. เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน					
4. ปริมาณเนื้อหามีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดใน แผนการสอนรายวิชา					
5. ส่วนกล่าวนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้มีความถูกต้อง เหมาะสม และชัดเจน					
6. การอธิบายเนื้อหามีความถูกต้อง และชัดเจน					
7. การสรุปเนื้อหามีความถูกต้อง และชัดเจน					
8. การยกตัวอย่างประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม					
9. การกำหนดแบบฝึกหัดมีความเหมาะสม สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การเรียนรู้					
10. ความเหมาะสมของวิธีการสอน โดยการใช้สื่อหนังสือ การ์ตูนกับเนื้อหาเรื่องนี้					
11. สื่อนี้มีความน่าสนใจ และจูงใจผู้เรียนให้อยากเรียนเนื้อหา นี้					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ความหมายของค่าระดับคะแนน

- 5 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ดีมาก
- 4 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ดี
- 3 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ปานกลาง
- 2 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม น้อย
- 1 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ควรปรับปรุง

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ



แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
 เรื่องการพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

จัดทำโดย

นายอวยชัย ยารงไชย

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เรื่องการพัฒนาหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์
 เวกเตอร์ วิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545
 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

คำชี้แจง ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
 หนังสือการ์ตูน ตามระดับความคิดเห็น โดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องข้อความตามความเห็น
 (แต่ละข้อให้ทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1. การบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ใช้รูปแบบที่ทำให้เกิดความชัดเจน และเกิดการจูงใจผู้เรียน					
2. วิธีการกล่าวนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน					
3. วิธีการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน					
4. วิธีการสรุปเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน					
5. ตัวละครที่ใช้ในการ์ตูนมีความเหมาะสม					
6. ภาษา และคำอธิบายที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม					
7. ตัวอักษรที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม					
8. สีที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม					
9. ภาพการ์ตูน และกราฟฟิคมีความเหมาะสม และน่าสนใจ					
10. องค์ประกอบต่างๆ ในการ์ตูนมีความเหมาะสม และน่าสนใจ					
11. จำนวนและลำดับการวางเฟรมภาพ มีความถูกต้อง และเหมาะสม					
12. การวางกรอบข้อความ คำอธิบาย และคำพูดมีความเหมาะสม					
13. การวางรูปแบบการดำเนินเรื่อง การเชื่อมโยงเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ก่อให้เกิดความน่าสนใจ					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ความหมายของค่าระดับคะแนน

- 5 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ดีมาก
- 4 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ดี
- 3 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ปานกลาง
- 2 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม น้อย
- 1 หมายถึง คุณภาพของหนังสือมีความเหมาะสม ควรปรับปรุง

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนมีต่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์ วิชา
สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2545

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

จัดทำโดย

นายอวยชัย ยารงไชย

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนมีต่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์

คำชี้แจง ให้นักศึกษาพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์แวกเตอร์โดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องหัวข้อประเมินความพึงพอใจ (แต่ละข้อให้ทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1. เรื่องราวมีความน่าสนใจ และสนุก					
2. การวาดค้นฉบับสวยงามน่าสนใจ					
3. ลำดับเรื่องราวและการไหลของเฟรมง่ายต่อการอ่าน					
4. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น					
5. หนังสือการ์ตูนมีการบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้					
6. หนังสือการ์ตูนชี้แนวทางการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม					
7. เนื้อเรื่องตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้					
8. เนื้อเรื่องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน					
9. ให้ความเพลิดเพลิน และเสริมแรงใจในการเรียน					
10. หนังสือการ์ตูนมีความเหมาะสมกับเนื้อหารายวิชา					
11. ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม					
12. ภาพการ์ตูน กราฟิก ที่นำเสนอสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น					
13. ความชัดเจนของการอธิบายและการให้ตัวอย่าง					
14. ความเหมาะสมของวิธีการสอนโดยการใช้สื่อหนังสือการ์ตูน					
15. มีความเหมาะสมในการเป็นหนังสืออ่านประกอบ					
16. หนังสือให้อิสระต่อการเรียนด้วยตนเอง					
17. หนังสือช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้ผู้เรียน					
18. ความถูกต้องของเนื้อหา					
19. มีวิธีการนำเสนอเหมาะสม					
20. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียน					
21. ความสะดวกในการใช้หนังสือการ์ตูน					
22. ความยากง่ายของแบบฝึกหัด และสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน					
23. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อ					
24. โดยสรุปแล้ว หลังการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูน ท่านมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงใด					
25. ความเหมาะสมของเนื้อหากับระดับความรู้ของผู้เรียน					
26. หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนอยากอ่านซ้ำเพียงใด					
27. หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
28. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเพียงใด					
29. ผู้เรียนให้ช่วยกับการสร้างสื่อการสอนแบบหนังสือการ์ตูนกับวิชาอื่นๆ เพียงใด					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ความหมายของค่าระดับคะแนน

5	หมายถึง ความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน	มากที่สุด
4	หมายถึง ความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน	มาก
3	หมายถึง ความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน	ปานกลาง
2	หมายถึง ความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน	น้อย
1	หมายถึง ความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน	น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์(ข้อสอบ)

กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

คำชี้แจง ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาประเด็นต่อไปนี้ และประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (ข้อสอบ) กับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของหนังสือการ์ตูน ตามระดับความสอดคล้อง โดยทำเครื่องหมาย (✓) ในช่องข้อความตามความเห็น (แต่ละข้อให้ทำเครื่องหมายเพียงช่องเดียวเท่านั้น)

รายการ	ความสอดคล้อง		
	1	0	-1
การวิเคราะห์แวกเตอร์			
1.1 อธิบายปริมาณสเกลาร์และปริมาณแวกเตอร์			
1.1.1 บอกปริมาณสเกลาร์ (2ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
1.1.2 บอกปริมาณแวกเตอร์ (3ข้อ)			
ข้อที่ 3			
ข้อที่ 4			
ข้อที่ 5			
1.2 รู้กฎเกณฑ์พีชคณิตแวกเตอร์			
1.2.1 อธิบายและคำนวณการบวกและการลบแวกเตอร์ (4ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
ข้อที่ 3			
ข้อที่ 4			
1.2.2 อธิบายและคำนวณการคูณแวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์ (2ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
1.2.3 บอกส่วนประกอบของแวกเตอร์และแวกเตอร์หน่วย (5ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
ข้อที่ 3			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	ความสอดคล้อง		
	1	0	-1
ข้อที่ 4			
ข้อที่ 5			
1.2.4 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงสเกลาร์ (7ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
ข้อที่ 3			
ข้อที่ 4			
ข้อที่ 5			
ข้อที่ 6			
ข้อที่ 7			
1.2.5 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงเวกเตอร์ (9ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
ข้อที่ 3			
ข้อที่ 4			
ข้อที่ 5			
ข้อที่ 6			
ข้อที่ 7			
ข้อที่ 8			
ข้อที่ 9			
1.3 ระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงแบบต่างๆ			
1.3.1 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรง สี่เหลี่ยม(10ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
ข้อที่ 3			
ข้อที่ 4			
ข้อที่ 5			
ข้อที่ 6			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	ความสอดคล้อง		
	1	0	-1
ข้อที่ 7			
ข้อที่ 8			
ข้อที่ 9			
ข้อที่ 10			
1.3.2 อธิบายระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกระบอกและ การแปลงระบบ (10ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
ข้อที่ 3			
ข้อที่ 4			
ข้อที่ 5			
ข้อที่ 6			
ข้อที่ 7			
ข้อที่ 8			
ข้อที่ 9			
ข้อที่ 10			
1.3.3 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแกนประสานทรงกลม และการแปลงระบบ (16ข้อ)			
ข้อที่ 1			
ข้อที่ 2			
ข้อที่ 3			
ข้อที่ 4			
ข้อที่ 5			
ข้อที่ 6			
ข้อที่ 7			
ข้อที่ 8			
ข้อที่ 9			
ข้อที่ 10			
ข้อที่ 11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ	ความสอดคล้อง		
	1	0	-1
ข้อที่ 12			
ข้อที่ 13			
ข้อที่ 14			
ข้อที่ 15			
ข้อที่ 16			

- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้
0 หมายถึง ไม่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้
-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบครั้งที่ 1

คำสั่ง จงกากบาท (X) คำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบชนิดเลือกตอบ

1) ปริมาณสเกลาร์หมายถึง

- ก. ปริมาณใด ๆ ที่มีแต่ทิศทาง และไม่มีขนาด
- ข. ปริมาณใด ๆ ที่มีแต่ขนาด และไม่มีทิศทาง
- ค. ปริมาณใด ๆ ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง
- ง. ปริมาณใด ๆ ที่เป็นไปได้ทั้งขนาดและทิศทาง

2) ปริมาณเวกเตอร์หมายถึงข้อใด

- ก. ปริมาณใด ๆ ที่มีแต่ทิศทาง และไม่มีขนาด
- ข. ปริมาณใด ๆ ที่มีแต่ขนาด และไม่มีทิศทาง
- ค. ปริมาณใด ๆ ที่มีทั้งขนาดและทิศทาง
- ง. ปริมาณใด ๆ ที่เป็นไปได้ทั้งขนาดและทิศทาง

3) ข้อใดกล่าวถึงปริมาณสเกลาร์ได้ถูกต้อง

- ก. ลูกโป่งด้วยความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที
- ข. แรงหมัดที่พุ่งเข้าสู่ใบหน้า
- ค. ความเร็วของพายุตะวันออกเฉียงใต้
- ง. ออกแรงยกลูกเหล็กขึ้นเหนือศีรษะ

4) ข้อใดกล่าวถึงปริมาณเวกเตอร์ได้ถูกต้อง

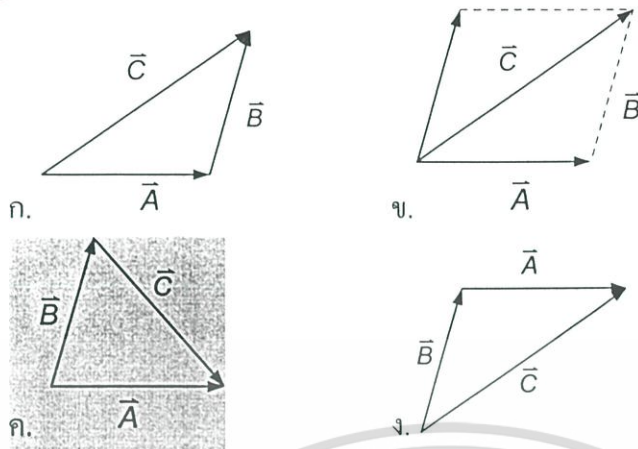
- ก. สถิติโลกวิ่ง 100 เมตร ใช้เวลา 10 วินาที
- ข. ทหารกระโดดร่มจากความสูง 2000 ฟุต ลงสู่พื้น
- ค. นายอ้ายมีน้ำหนัก 58 กิโลกรัม
- ง. ไม่บรรทัดยาว 30 เซนติเมตร

5) ปริมาณใดไม่ใช่ปริมาณเวกเตอร์

- ก. แรง
- ข. ปริมาตร
- ค. ความเร็ว
- ง. ความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) จากรูปภาพใดไม่ใช้การบวกเวกเตอร์ โดยให้ \vec{C} เป็นเวกเตอร์ผลลัพธ์



7) จงหาผลบวกของเวกเตอร์ $(\vec{A} + \vec{B})$ โดยที่

$$\vec{A} = 12\vec{a}_x - 29\vec{a}_y - 10\vec{a}_z, \vec{B} = -8\vec{a}_x + 26\vec{a}_y + 14\vec{a}_z \text{ คือข้อใด}$$

ก. $4\vec{a}_x - 3\vec{a}_y + 4\vec{a}_z$

ข. $4\vec{a}_x + 3\vec{a}_y - 4\vec{a}_z$

ค. $4\vec{a}_x + 55\vec{a}_y + 4\vec{a}_z$

ง. $20\vec{a}_x - 55\vec{a}_y + 24\vec{a}_z$

8) จงหา $(\vec{A} - \vec{B})$ โดยที่ $\vec{A} = 12\vec{a}_x - 29\vec{a}_y - 10\vec{a}_z, \vec{B} = 10\vec{a}_x - 9\vec{a}_y - 10\vec{a}_z$ คือข้อใด

ก. $2\vec{a}_x - 38\vec{a}_y - 20\vec{a}_z$

ข. $2\vec{a}_x + 38\vec{a}_y + 0\vec{a}_z$

ค. $2\vec{a}_x - 20\vec{a}_y - 20\vec{a}_z$

ง. $2\vec{a}_x - 20\vec{a}_y + 0\vec{a}_z$

9) จากผลคูณระหว่างสเกลาร์ s กับเวกเตอร์ \vec{A} มีค่าเท่ากับ $s\vec{A} = 12\vec{a}_x - 24\vec{a}_y - 30\vec{a}_z$ สเกลาร์ s มีค่าที่เป็นไปได้ตรงกับข้อใด

ก. 3, 4, 8 และ 6

ข. 2, 3, 6 และ 8

ค. 1, 2, 3 และ 6

ง. 2, 3, 4 และ 6

10) ข้อใดกล่าวผิด

ก. $s(\vec{A} + \vec{B}) = s\vec{A} + s\vec{B}$

ข. $\vec{A}(s + r) = s\vec{A} + r\vec{A}$

ค. $(rs)\vec{A} = (r\vec{A})(s\vec{A})$

ง. $(r + s)(\vec{A} + \vec{B}) = (r\vec{A} + s\vec{A}) + (r\vec{B} + s\vec{B})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) พิกัด $P(2,4,6)$ เขียนเป็นปริมาณเวกเตอร์ได้ถูกต้องตามข้อใด

ก. $2\vec{a}_x + 4\vec{a}_y - 6\vec{a}_z$

ข. $2\vec{a}_x + 4\vec{a}_y + 6\vec{a}_z$

ค. $4\vec{a}_x + 2\vec{a}_y + 6\vec{a}_z$

ง. $6\vec{a}_x + 4\vec{a}_y + 2\vec{a}_z$

12) จงหาขนาดของเวกเตอร์ $-4\vec{a}_x + 3\vec{a}_y + 6\vec{a}_z$ คือข้อใด

ก. 7.81 หน่วย

ข. 3.60 หน่วย

ค. 5.38 หน่วย

ง. 13.00 หน่วย

13) จงหาเวกเตอร์หน่วยของ $6\vec{a}_x + 4\vec{a}_y + 2\vec{a}_z$ คือข้อใด

ก. $0.71\vec{a}_x + 0.43\vec{a}_y + 0.16\vec{a}_z$

ข. $0.60\vec{a}_x + 0.40\vec{a}_y + 0.20\vec{a}_z$

ค. $0.40\vec{a}_x + 0.26\vec{a}_y + 0.13\vec{a}_z$

ง. $0.80\vec{a}_x + 0.53\vec{a}_y + 0.26\vec{a}_z$

14) ข้อใดคือผลคูณเชิงสเกลาร์ $\vec{A} \cdot \vec{B}$

ก. $|\vec{A}||\vec{B}|\sin\theta_{AB}$

ข. $|\vec{A}||\vec{B}|\sec\theta_{AB}$

ค. $|\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta_{AB}$

ง. $|\vec{A}||\vec{B}|\tan\theta_{AB}$

15) ข้อใดคือผลลัพธ์ของ $\vec{A} \cdot \vec{B}$ โดยที่ $\vec{A} = 2\vec{a}_x - 9\vec{a}_y - 12\vec{a}_z$, $\vec{B} = 10\vec{a}_x - 9\vec{a}_y - 10\vec{a}_z$

ก. $20\vec{a}_x + 81\vec{a}_y + 120\vec{a}_z$

ข. $20\vec{a}_x - 81\vec{a}_y - 120\vec{a}_z$

ค. 221

ง. -181

16) ข้อใดคือผลลัพธ์ของ $\vec{A} \cdot \vec{B}$ โดยที่ $\vec{A} = 12\vec{a}_x - 7\vec{a}_z$, $\vec{B} = 8\vec{a}_x - 5\vec{a}_y + 10\vec{a}_z$

ก. 131

ข. 26

ค. 61

ง. 166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17) ข้อใดคือผลลัพธ์ของ $\vec{A} \cdot \vec{B}$ โดยที่ $\vec{A} = 6\vec{a}_x + 9\vec{a}_z$, $\vec{B} = -5\vec{a}_y + 9\vec{a}_z$

ก. 51

ข. 82

ค. 81

ง. 92

18) ข้อใดคือผลลัพธ์ของ $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{a}_z$ โดยที่ $\vec{A} = -6\vec{a}_x$, $\vec{B} = 8\vec{a}_x - 5\vec{a}_y + 10\vec{a}_z$

ก. -48

ข. -43

ค. $-48\vec{a}_z$

ง. $-43\vec{a}_z$

19) จงหามุมระหว่างเวกเตอร์ θ_{AB} โดยที่ $\vec{A} = 2\vec{a}_x - 9\vec{a}_y - 12\vec{a}_z$, $\vec{B} = 10\vec{a}_x - 9\vec{a}_y - 10\vec{a}_z$ ตรงกับข้อใด

ก. 29.4 องศา

ข. 30.4 องศา

ค. 31.4 องศา

ง. 32.4 องศา

20) จงหางานที่ได้จากการกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรงที่เริ่มต้นที่จุด $P(-3, -5, 4)$ สิ้นสุด

ที่จุด $Q(4, 9, 11)$ ด้วยแรง $\vec{F} = \frac{6}{7}\vec{a}_x - \frac{2}{7}\vec{a}_y + \frac{6}{7}\vec{a}_z$

ก. 10 J

ข. 8 J

ค. 6 J

ง. 4 J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบครั้งที่ 2

คำสั่ง จงกากบาท (X) คำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบชนิดเลือกตอบ

1) ข้อใดคือผลลัพธ์ของการคูณเชิงเวกเตอร์

ก. งานที่ได้จากการออกแรงดึงวัตถุ

ข. แรงลมเย็น ๆ ที่ได้จากพัดลม

ค. เรือลอยตามกระแสน้ำ

ง. คนวิ่งแข่ง 100 เมตร

2) ข้อใดคือผลคูณเชิงเวกเตอร์ $\vec{A} \times \vec{B}$

ก. $|A||B|\sin\theta_{AB}$

ข. $|A||B|\sin\theta_{AB} \vec{a}_n$

ค. $|A||B|\cos\theta_{AB}$

ง. $|A||B|\cos\theta_{AB} \vec{a}_n$

3) $\vec{a}_x \times \vec{a}_y$ และ $-\vec{a}_y \times \vec{a}_z$ มีค่าตรงกับข้อใด

ก. $-\vec{a}_z, \vec{a}_x$

ข. $\vec{a}_z, -\vec{a}_x$

ค. $-\vec{a}_z, -\vec{a}_x$

ง. \vec{a}_z, \vec{a}_x

4) ข้อใดคือผลลัพธ์ ของ $\vec{A} \times \vec{B}$ โดยที่ $\vec{A} = 2\vec{a}_x - 3\vec{a}_y + \vec{a}_z, \vec{B} = -4\vec{a}_x - 2\vec{a}_y + 5\vec{a}_z$

ก. $-17\vec{a}_x - 14\vec{a}_y + 8\vec{a}_z$

ข. $17\vec{a}_x - 14\vec{a}_y + 8\vec{a}_z$

ค. $-13\vec{a}_x - 6\vec{a}_y - 16\vec{a}_z$

ง. $-13\vec{a}_x - 14\vec{a}_y - 16\vec{a}_z$

5) กำหนดให้ $\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{a}_x & \vec{a}_y & \vec{a}_z \\ -4 & -2 & 5 \\ 2 & -3 & 1 \end{vmatrix}$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $17\vec{a}_x + 14\vec{a}_y - 8\vec{a}_z$

ข. $17\vec{a}_x - 14\vec{a}_y + 8\vec{a}_z$

ค. $13\vec{a}_x + 14\vec{a}_y + 16\vec{a}_z$

ง. $-13\vec{a}_x - 14\vec{a}_y - 16\vec{a}_z$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) จงหาขนาดของ $|\vec{A} \times \vec{B}|$ โดยที่ $\vec{A} = 3\vec{a}_x + 4\vec{a}_y + 1\vec{a}_z$, $\vec{B} = 2\vec{a}_x - 5\vec{a}_y - 5\vec{a}_z$ มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $\sqrt{745}$

ข. $\sqrt{661}$

ค. $\sqrt{41}$

ง. $\sqrt{26}$

7) จงหาปริมาตรที่เกิดจากการคูณเวกเตอร์สามเวกเตอร์ $\vec{A} = 2\vec{a}_x + 5\vec{a}_y + 4\vec{a}_z$

$\vec{B} = 3\vec{a}_x + \vec{a}_y + 5\vec{a}_z$ และ $\vec{C} = \vec{a}_x + 6\vec{a}_z$

ก. 34

ข. 57

ค. 99

ง. 100

8) ข้อใดคืออนุพันธ์เชิงปริมาตรย่อย

ก. $dx \, dy$

ข. $dx \, dy \, \vec{a}_z$

ค. $dx \, dy \, dz$

ง. $dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z$

9) ข้อใดคืออนุพันธ์เชิงเวกเตอร์พื้นที่ย่อย

ก. $dx \, dy \, \vec{a}_y$

ข. $dx \, dy \, \vec{a}_z$

ค. $dx \, dy \, dz$

ง. $dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z$

10) ข้อใดคือสมการอินทิเกรตเชิงปริมาตร

ก. $V = \int_{z_0}^{z_1} \int_{y_0}^{y_1} \int_{x_0}^{x_1} dx \, dy \, dz$

ข. $S = \int_{y_0}^{y_1} \int_{x_0}^{x_1} dx \, dy \, \vec{a}_z$

ค. $L = \int_L (dx\vec{a}_x + dy\vec{a}_y + dz\vec{a}_z)$

ง. $I = \int f(x) dx$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) ปริมาตรที่เกิดจากบริเวณพิกัด $P(1,2,3)$ ถึง $Q(4,5,6)$ เท่ากับข้อใด

ก. 20 หน่วย

ข. 21 หน่วย

ค. 25 หน่วย

ง. 27 หน่วย

12) ข้อใดคือสมการอินทิเกรตเชิงเวกเตอร์ความยาวย่อย

ก. $V = \int_{z_0}^{z_1} \int_{y_0}^{y_1} \int_{x_0}^{x_1} dx dy dz$

ข. $S = \int_{y_0}^{y_1} \int_{x_0}^{x_1} dx dy \vec{a}_z$

ค. $L = \int_L (dx \vec{a}_x + dy \vec{a}_y + dz \vec{a}_z)$

ง. $I = \int f(x) dx$

13) จงหาพื้นที่ตามทิศทาง \vec{a}_y บริเวณพิกัด $P(1,2,3)$ ถึง $Q(5,8,10)$ คือข้อใด

ก. 24

ข. 28

ค. 42

ง. 168

14) เวกเตอร์ $\vec{A} = 3\vec{a}_x + 4\vec{a}_y + 8\vec{a}_z$ ขนานกับเวกเตอร์ในข้อใด

ก. $9\vec{a}_x + 12\vec{a}_y - 24\vec{a}_z$

ข. $9\vec{a}_x + 8\vec{a}_y + 24\vec{a}_z$

ค. $1.5\vec{a}_x + 2\vec{a}_y + 4\vec{a}_z$

ง. $1.5\vec{a}_x - 2\vec{a}_y + 4\vec{a}_z$

15) กำหนดให้เวกเตอร์ $\vec{E} = \rho \sin \phi \hat{a}_\rho - \frac{1}{\rho} \cos \phi \hat{a}_\phi + \left(\frac{-\rho}{z}\right)^2 \hat{a}_z$ จงหา \vec{E} ที่จุด $P(12, \frac{\pi}{3}, 3)$

ก. $10.392\hat{a}_\rho - 0.042\hat{a}_\phi + 16\hat{a}_z$

ข. $10.392\hat{a}_\rho - 0.042\hat{a}_\phi - 16\hat{a}_z$

ค. $0.219\hat{a}_\rho - 0.083\hat{a}_\phi + 16\hat{a}_z$

ง. $0.219\hat{a}_\rho - 0.083\hat{a}_\phi - 16\hat{a}_z$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16) ข้อใดกล่าวถึงมุมไพล์(ϕ) ได้ถูกต้อง

- ก. มุมที่เปิดจากแกน x ไปยังแกน y ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 90 องศา
- ข. มุมที่เปิดจากแกน x ไปยังแกน y ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 180 องศา
- ค. มุมที่เปิดจากแกน x ไปยังแกน y ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 270 องศา
- ง. มุมที่เปิดจากแกน x ไปยังแกน y ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 360 องศา

17) จงหาความยาวของเส้นรอบวง ที่มีรัศมี 4 เมตร และมีมุม $\frac{3\pi}{2}$ เรเดียน คือข้อใด

- ก. 24π เมตร
- ข. 12π เมตร
- ค. 8π เมตร
- ง. 6π เมตร

18) ข้อใดคืออนุพันธ์เชิงเวกเตอร์พื้นที่ย่อยในทิศทาง \hat{a}_ρ

- ก. $\rho d\rho d\phi dz \hat{a}_\rho$
- ข. $d\rho dz \hat{a}_\rho$
- ค. $\rho d\phi dz \hat{a}_\rho$
- ง. $\rho d\rho d\phi \hat{a}_\rho$

19) จงหาผลคูณเวกเตอร์เชิงสเกลาร์ ($\vec{A} \cdot \vec{B}$) ของเวกเตอร์ $\vec{A} = 2\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi + 5\hat{a}_z$,

$\vec{B} = 4\hat{a}_\rho + \frac{\pi}{2}\hat{a}_\phi + 4\hat{a}_z$ คือข้อใด

- ก. 32.93
- ข. 31.14
- ค. 19.71
- ง. 34.28

20) จงหาผลคูณเชิงเวกเตอร์ ($\vec{A} \times \vec{B}$) ของเวกเตอร์ $\vec{A} = 2\hat{a}_\rho + 5\hat{a}_z$, $\vec{B} = 4\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi - 4\hat{a}_z$

คือข้อใด

- ก. $+5\pi\hat{a}_\rho + 12\hat{a}_\phi + \pi\hat{a}_z$
- ข. $-5\pi\hat{a}_\rho + 12\hat{a}_\phi + \pi\hat{a}_z$
- ค. $+5\pi\hat{a}_\rho + 28\hat{a}_\phi + \pi\hat{a}_z$
- ง. $-5\pi\hat{a}_\rho + 28\hat{a}_\phi + \pi\hat{a}_z$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบครั้งที่ 3

คำสั่ง จงกากบาท (X) คำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบชนิดเลือกตอบ

1) จงเปลี่ยนพิกัด $P(4, \frac{3\pi}{4}, 5)$ ให้อยู่ในพิกัด $P(x, y, z)$ คือข้อใด

ก. $P(0.16, 3.99, 5)$

ข. $P(3.99, 0.16, 5)$

ค. $P(3.94, 0.66, 5)$

ง. $P(0.66, 3.94, 5)$

2) จงแปลงเวกเตอร์ให้อยู่ระบบแกนประสานทรงกระบอก $\vec{F} = 10\hat{a}_x - 8\hat{a}_y + 6\hat{a}_z$ ที่จุด $P(10, -$

8, 6) คือข้อใด

ก. $12.81\hat{a}_\rho + 6\hat{a}_z$

ข. $12.81\hat{a}_\phi + 6\hat{a}_z$

ค. $12.81\hat{a}_\rho + 6\hat{a}_\phi$

ง. $-12.81\hat{a}_\rho + \pi 6\hat{a}_z$

3) จงหาค่าประกอบของเวกเตอร์ ในระบบแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม

จาก $\vec{H} = 20\hat{a}_\rho - 10\hat{a}_\phi + 3\hat{a}_z$ ที่จุด $P(5, 2, -1)$ คือข้อใด

ก. $H_x = 22.3, H_y = -1.857, H_z = 3$

ข. $H_x = -1.857, H_y = 22.3, H_z = 3$

ค. $H_x = 7.43, H_y = 18.57, H_z = 3$

ง. $H_x = 18.57, H_y = 7.43, H_z = 3$

4) จงหาเวกเตอร์หน่วยของ $\vec{A} + \vec{B}$ เมื่อ $\vec{A} = 2\hat{a}_\rho + \hat{a}_\phi + 5\hat{a}_z, \vec{B} = 4\hat{a}_\rho + 5\hat{a}_\phi - 6\hat{a}_z$ คือข้อ

ใด

ก. $0.702\hat{a}_\rho + 0.702\hat{a}_\phi + 0.117\hat{a}_z$

ข. $0.702\hat{a}_\rho + 0.702\hat{a}_\phi - 0.117\hat{a}_z$

ค. $1.666\hat{a}_\rho + 1.666\hat{a}_\phi + 0.277\hat{a}_z$

ง. $1.666\hat{a}_\rho + 1.666\hat{a}_\phi - 0.277\hat{a}_z$

5) กำหนดให้เวกเตอร์ $\vec{D} = r \sin \phi \hat{a}_r - \frac{1}{r} \sin \theta \cos \phi \hat{a}_\theta + r^2 \hat{a}_\phi$ จงหา \vec{D} ที่จุด $P(10, 150^\circ, 330^\circ)$

คือข้อใด

ก) $-5\hat{a}_r + 0.043\hat{a}_\theta + 100\hat{a}_\phi$

ข) $-5\hat{a}_r - 0.043\hat{a}_\theta + 100\hat{a}_\phi$

ค) $5\hat{a}_r + 0.043\hat{a}_\theta + 100\hat{a}_\phi$

ง) $5\hat{a}_r - 0.043\hat{a}_\theta + 100\hat{a}_\phi$

6) ข้อใดคือการอินทิเกรตเชิงปริมาตร

ก. $V = \int_{z_1}^{z_2} \int_0^{2\pi} \int_0^r \rho d\rho d\phi dz$

ข. $V = \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^r r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$

ค. $V = \int_0^\pi \int_0^\pi \int_0^r r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$

ง. $V = \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^r r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$

7) ข้อใดกล่าวถึงมุมซิดาร์ (θ) ได้ถูกต้อง

ก. มุมที่เปิดจากแกน z ไปยังระนาบ xy ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 90 องศา

ข. มุมที่เปิดจากแกน z ไปยังระนาบ xy ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 180 องศา

ค. มุมที่เปิดจากแกน z ไปยังระนาบ xy ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 270 องศา

ง. มุมที่เปิดจากแกน z ไปยังระนาบ xy ได้สูงสุดจาก 0 องศา ถึง 360 องศา

8) จงหาความยาวของรัศมี r ที่จุด $P(x=2, y=4, z=6)$ เมตร คือข้อใด

ก. 3.46 เมตร

ข. 4.47 เมตร

ค. 6.93 เมตร

ง. 7.48 เมตร

9) ข้อใดคืออนุพันธ์เวกเตอร์พื้นที่ในทิศทาง \hat{a}_θ

ก. $r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi \hat{a}_\theta$

ข. $r^2 \sin \theta d\theta d\phi \hat{a}_\theta$

ค. $r \sin \theta dr d\phi \hat{a}_\theta$

ง. $r dr d\theta \hat{a}_\theta$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) จงหาผลคูณเวกเตอร์เชิงสเกลาร์ ($\vec{A} \cdot \vec{B}$) ของเวกเตอร์ $\vec{A} = 2\hat{a}_r - \pi\hat{a}_\theta + 2\pi\hat{a}_\phi$,

$\vec{B} = 3\hat{a}_r + \frac{\pi}{2}\hat{a}_\theta - \pi\hat{a}_\phi$ คือข้อใด

ก. $6 - \frac{5\pi^2}{2}$

ข. $6 - \frac{4\pi^2}{2}$

ค. $6 - \frac{5\pi}{2}$

ง. $6 - \frac{4\pi}{2}$

11) จงหาผลคูณเชิงเวกเตอร์ ($\vec{A} \times \vec{B}$) ของเวกเตอร์ $\vec{A} = 2\hat{a}_r + \pi\hat{a}_\theta$, $\vec{B} = 4\hat{a}_r + 2\hat{a}_\theta - 2\pi\hat{a}_\phi$

คือข้อใด

ก. $-9.87\hat{a}_r + 8.57\hat{a}_\theta + 4\hat{a}_\phi$

ข. $-6.28\hat{a}_r - 8.57\hat{a}_\theta + 4\hat{a}_\phi$

ค. $-3.14\hat{a}_r - 12.57\hat{a}_\theta + 4\hat{a}_\phi$

ง. $-1.57\hat{a}_r + 12.57\hat{a}_\theta + 4\hat{a}_\phi$

12) จงเปลี่ยนพิกัด $P(4, \frac{\pi}{4}, \pi)$ ให้อยู่ในพิกัด $P(x,y,z)$ คือข้อใด

ก. $P(-2.828, 0, 2.828)$

ข. $P(0, 2.828, -2.828)$

ค. $P(2.828, 0, -2.828)$

ง. $P(-2.828, 0, 1.414)$

13) จงแปลงเวกเตอร์ให้อยู่ระบบแกนประสานทรงกลม $\vec{F} = 10\hat{a}_x$ ที่จุด $P(x=-3,y=2,z=4)$ คือข้อใด

ก. $-5.57\hat{a}_r - 6.18\hat{a}_\theta - 5.55\hat{a}_\phi$

ข. $5.57\hat{a}_r + 6.18\hat{a}_\theta - 5.55\hat{a}_\phi$

ค. $-5.57\hat{a}_r + 6.18\hat{a}_\theta - 5.55\hat{a}_\phi$

ง. $-5.57\hat{a}_r - 6.18\hat{a}_\theta + 5.55\hat{a}_\phi$

14) จงหาองค์ประกอบของเวกเตอร์ ในระบบแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม จาก $\vec{H} = 2\hat{a}_r - \hat{a}_\phi$ ที่

จุด $P(x=1, y=1, z=1)$ คือข้อใด

ก. $H_x = 1.862$, $H_y = 0.448$, $H_z = 1.155$

ข. $H_x = -1.857$, $H_y = 1.155$, $H_z = 0.345$

ค. $H_x = 1.155$, $H_y = 0.448$, $H_z = 1.862$

ง. $H_x = 1.862$, $H_y = 1.155$, $H_z = 0.345$

15) จงหาเวกเตอร์หน่วยของ $\vec{A} - \vec{B}$ เมื่อ $\vec{A} = -5\hat{a}_r + 8\hat{a}_\theta + 10\hat{a}_\phi$, $\vec{B} = 4\hat{a}_r + 5\hat{a}_\theta - 2\hat{a}_\phi$

คือข้อใด

ก. $0.588\hat{a}_r + 0.196\hat{a}_\theta + 0.784\hat{a}_\phi$

ข. $-0.588\hat{a}_r + 0.196\hat{a}_\theta + 0.784\hat{a}_\phi$

ค. $-0.196\hat{a}_r + 0.588\hat{a}_\theta + 0.784\hat{a}_\phi$

ง. $0.196\hat{a}_r + 0.588\hat{a}_\theta + 0.784\hat{a}_\phi$

16) จงหามุม θ ที่จุด $P(x=1, y=\sqrt{2}, z=3)$ คือข้อใด

ก. 40.89 องศา

ข. 22.21 องศา

ค. 16.10 องศา

ง. 10.20 องศา

17) จงหา $(10\hat{a}_r + \pi\hat{a}_\theta) \cdot \hat{a}_\rho$ คำตอบคือข้อใด

ก. $10\sin\theta - \pi\cos\theta$

ข. $10\cos\theta + \pi\sin\theta$

ค. $10\sin\theta + \pi\sin\theta$

ง. $10\sin\theta + \pi\cos\theta$

18) จงหาผลลัพท์ของ $(\pi\vec{a}_r \cdot 4\hat{a}_\rho) \cdot \hat{a}_z$ คำตอบคือข้อใด

ก. $4\pi\sin\theta \hat{a}_z$

ข. $4\pi\sin\phi \hat{a}_z$

ค. $4\pi\cos\theta \hat{a}_z$

ง. $4\pi\cos\phi \hat{a}_z$

19) จงแปลงเวกเตอร์ $10\hat{a}_r + \pi\hat{a}_\phi$ ให้อยู่ในระบบเวกเตอร์แกนประสานทรงกระบอก ที่จุด

($\rho = 5, \phi = \frac{\pi}{3}, z = 4$) คำตอบคือข้อใด

ก. $7.809\hat{a}_\rho - 6.247\hat{a}_\phi + \pi\hat{a}_z$

ข. $7.809\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi + 6.247\hat{a}_z$

ค. $6.247\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi + 7.809\hat{a}_z$

ง. $7.809\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi - 6.247\hat{a}_z$

20) จงแปลงเวกเตอร์ $10\hat{a}_r + \pi\hat{a}_\phi$ ให้อยู่ในระบบเวกเตอร์แกนประสานทรงกระบอก ที่จุด

($x = 1, y = 2, z = 4$) คำตอบคือข้อใด

ก. $8.729\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi + 4.879\hat{a}_z$

ข. $4.879\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi - 8.729\hat{a}_z$

ค. $4.879\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi + 8.729\hat{a}_z$

ง. $8.729\hat{a}_\rho + \pi\hat{a}_\phi - 4.879\hat{a}_z$





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูนตามระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่			\bar{X}	SD
	1	2	3		
1. วัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความถูกต้อง และสอดคล้องตามสังเขปรายวิชา และหลักสูตร	4	5	5	4.66	0.57
2. เนื้อหาที่มีความถูกต้อง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4.66	0.57
3. เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน	5	4	5	4.66	0.57
4. ปริมาณเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดในแผนการสอนรายวิชา	4	4	3	3.66	0.57
5. ส่วนกล่าวนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้มีความถูกต้องเหมาะสม และชัดเจน	4	4	4	4.00	0
6. การอธิบายเนื้อหาที่มีความถูกต้อง และชัดเจน	5	5	3	4.33	1.15
7. การสรุปเนื้อหาที่มีความถูกต้อง และชัดเจน	4	5	4	4.33	0.57
8. การยกตัวอย่างประกอบมีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม	5	4	4	4.33	0.57
9. การกำหนดแบบฝึกหัดมีความเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.57
10. ความเหมาะสมของวิธีการสอน โดยการใช้สื่อหนังสือการ์ตูนกับเนื้อหาเรื่องนี้	5	5	3	4.33	1.15
11. สื่อนี้มีความน่าสนใจ และจูงใจผู้เรียนให้อยากเรียนเนื้อหาเรื่องนี้	5	5	3	4.33	1.15
ค่าเฉลี่ย				4.33	0.29

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาหนังสือการ์ตูน
 ผู้ประเมินท่านที่ 1 อาจารย์โกศล ตราชู
 ผู้ประเมินท่านที่ 2 อาจารย์บัญญัติ แสนโสคา
 ผู้ประเมินท่านที่ 3 อาจารย์วรรณชาติ เทศววัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 การประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน ตามระดับความคิดเห็น

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่			\bar{X}	SD
	1	2	3		
1. การบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ใช้รูปแบบที่ทำให้เกิดความชัดเจน และเกิดการจูงใจผู้เรียน	4	5	4	4.33	0.57
2. วิธีการกล่าวนำเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน	4	5	3	4.00	1.00
3. วิธีการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน	4	4	3	3.66	0.57
4. วิธีการสรุปเนื้อหาที่มีความเหมาะสม น่าสนใจ และก่อให้เกิดความชัดเจน	4	4	3	3.66	0.57
5. ตัวละครที่ใช้ในการ์ตูนมีความเหมาะสม	5	5	3	4.33	1.15
6. ภาษา และคำอธิบายที่ใช้มีความถูกต้อง ชัดเจน และเหมาะสม	4	3	4	3.66	0.57
7. ตัวอักษรที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม	4	4	3	3.66	0.57
8. สีที่ใช้มีความถูกต้อง และเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.57
9. ภาพการ์ตูน และกราฟิกมีความเหมาะสม และน่าสนใจ	5	4	3	4.00	1.00
10. องค์ประกอบต่างๆ ในการ์ตูนมีความเหมาะสม และน่าสนใจ	3	3	3	3.00	0
11. จำนวนและลำดับการวางเฟรมภาพ มีความถูกต้อง และเหมาะสม	4	4	3	3.66	0.57
12. การวางกรอบข้อความ คำอธิบาย และคำพูดมีความเหมาะสม	4	4	3	3.66	0.57
13. การวางรูปแบบการดำเนินเรื่อง การเชื่อมโยงเนื้อหาที่มีความเหมาะสม ก่อให้เกิดความน่าสนใจ	4	4	4	4.00	0
ค่าเฉลี่ย				3.84	0.37

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อหนังสือการ์ตูน

ผู้ประเมินท่านที่ 1 ดร. ขนบพร วงภาพสินธุ์

ผู้ประเมินท่านที่ 2 นายวิจิต อุตสาหกิจ

ผู้ประเมินท่านที่ 3 นายวรวิฑูมิ วรวิทยานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 วิเคราะห์ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 3 ท่าน

ข้อที่	คนที่1	คนที่2	คนที่3	รวม	IOC
1	1	1	1	3	1
2	1	1	1	3	1
3	1	1	1	3	1
4	1	1	1	3	1
5	0	1	1	2	0.66
6	1	1	1	3	1
7	1	0	1	2	0.66
8	1	0	1	2	0.66
9	0	-1	1	0	0
10	1	1	1	3	1
11	1	1	1	3	1
12	1	1	1	3	1
13	1	0	1	2	0.66
14	1	0	1	2	0.66
15	1	-1	1	1	0.33
16	1	-1	1	1	0.33
17	1	1	1	3	1
18	1	1	1	3	1
19	1	1	1	3	1
20	1	1	1	3	1
21	1	1	1	3	1
22	1	1	1	3	1
23	1	1	1	3	1
24	1	1	1	3	1
25	1	1	1	3	1
26	1	1	1	3	1
27	1	1	1	3	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

ข้อที่	คนที่1	คนที่2	คนที่3	รวม	IOC
28	1	1	1	3	1
29	1	1	1	3	1
30	1	1	1	3	1
31	1	1	1	3	1
32	1	1	1	3	1
33	1	1	0	2	0.66
34	1	1	0	2	0.66
35	1	1	0	2	0.66
36	1	1	0	2	0.66
37	1	1	1	3	1
38	1	1	1	3	1
39	1	1	1	3	1
40	1	1	1	3	1
41	1	1	1	3	1
42	1	1	1	3	1
43	1	1	1	3	1
44	1	1	1	3	1
45	0	1	1	2	0.66
46	1	1	1	3	1
47	1	1	1	3	1
48	1	1	1	3	1
49	1	1	1	3	1
50	1	1	1	3	1
51	1	1	1	3	1
52	1	1	1	3	1
53	1	1	1	3	1
54	1	1	1	3	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 (ต่อ)

ข้อที่	คนที่1	คนที่2	คนที่3	รวม	IOC
55	1	1	1	3	1
56	1	1	1	3	1
57	1	1	1	3	1
58	1	1	1	3	1
59	1	1	1	3	1
60	1	1	1	3	1
61	1	1	1	3	1
62	1	1	1	3	1
63	1	1	1	3	1
64	1	1	1	3	1
65	1	1	1	3	1
66	1	1	1	3	1
67	1	1	1	3	1
68	1	1	1	3	1

$$\text{เมื่อ } IOC = \frac{\sum R}{N}$$

ดังนั้นจึงไม่เลือกข้อสอบที่ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) น้อยกว่า 0.5 และไม่เลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย ($P < 0.2$) และ ($P > 0.8$)

หมายเหตุ ข้อที่ระบายนีเหาถูกตัดทิ้งคือข้อที่ 9,15,16 เนื่องจากค่า IOC น้อยกว่า 0.5 และข้อที่ 28, 29,33,36 และ 41 มีค่าความยากง่าย($P < 0.2$) และ ($P > 0.8$) จึงทำให้ได้ข้อสอบทั้งหมด 60 ข้อ

ตารางที่ ข.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบทดสอบ

ข้อที่	คนที่													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
3	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
4	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1
5	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0
6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
8	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
9	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0
10	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
11	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
12	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
13	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
14	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
18	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
19	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
20	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
22	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
24	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0
25	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
26	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
27	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

ข้อที่	กนท													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
28	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
29	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
30	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
31	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
32	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
34	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
35	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
36	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1
37	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
38	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
39	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
40	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
43	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
44	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
45	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
46	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
47	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
48	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
49	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
52	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
53	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
54	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 (ต่อ)

ข้อที่	คนที่													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
55	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
56	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
57	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
59	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
X	45	38	40	39	44	39	43	16	16	22	22	19	15	15
X ²	2025	1444	1600	1521	1936	1521	1849	256	256	484	484	361	225	225
Σ X	413													
Σ X ²	14187													
$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)} = 154.11 ; N=14$														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 วิเคราะห์ความความเชื่อของแบบทดสอบ

ข้อที่	P_H	P_L	$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$	$r = \frac{P_H - P_L}{n}$	$q = 1 - p$	pq
1	7	4	0.785714	0.428571	0.214286	0.168367
2	7	3	0.714286	0.571429	0.285714	0.204082
3	6	3	0.642857	0.428571	0.357143	0.229592
4	4	2	0.428571	0.285714	0.571429	0.244898
5	6	3	0.642857	0.428571	0.357143	0.229592
6	7	4	0.785714	0.428571	0.214286	0.168367
7	7	4	0.785714	0.428571	0.214286	0.168367
8	6	5	0.785714	0.142857	0.214286	0.168367
9	5	3	0.571429	0.285714	0.428571	0.244898
10	5	2	0.500000	0.428571	0.500000	0.250000
11	7	4	0.785714	0.428571	0.214286	0.168367
12	5	3	0.571429	0.285714	0.428571	0.244898
13	4	2	0.428571	0.285714	0.571429	0.244898
14	6	2	0.571429	0.571429	0.428571	0.244898
15	7	5	0.857143	0.285714	0.142857	0.122449
16	7	4	0.785714	0.428571	0.214286	0.168367
17	7	6	0.928571	0.142857	0.071429	0.066327
18	6	4	0.714286	0.285714	0.285714	0.204082
19	4	1	0.357143	0.428571	0.642857	0.229592
20	3	1	0.285714	0.285714	0.714286	0.204082
21	4	2	0.428571	0.285714	0.571429	0.244898
22	6	4	0.714286	0.285714	0.285714	0.204082
23	7	4	0.785714	0.428571	0.214286	0.168367
24	5	3	0.571429	0.285714	0.428571	0.244898
25	6	3	0.642857	0.428571	0.357143	0.229592
26	5	2	0.500000	0.428571	0.500000	0.250000
27	2	1	0.214286	0.142857	0.785714	0.168367
28	6	4	0.714286	0.285714	0.285714	0.204082

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 (ต่อ)

ข้อที่	P_H	P_L	$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$	$r = \frac{P_H - P_L}{n}$	$q = 1 - p$	pq
29	6	3	0.642857	0.428571	0.357143	0.229592
30	4	1	0.357143	0.428571	0.642857	0.229592
31	5	1	0.428571	0.571429	0.571429	0.244898
32	3	0	0.214286	0.428571	0.785714	0.168367
33	4	1	0.357143	0.428571	0.642857	0.229592
34	4	2	0.428571	0.285714	0.571429	0.244898
35	6	3	0.642857	0.428571	0.357143	0.229592
36	6	3	0.642857	0.428571	0.357143	0.229592
37	5	2	0.500000	0.428571	0.500000	0.250000
38	4	1	0.357143	0.428571	0.642857	0.229592
39	3	1	0.285714	0.285714	0.714286	0.204082
40	3	0	0.214286	0.428571	0.785714	0.168367
41	3	0	0.214286	0.428571	0.785714	0.168367
42	3	1	0.285714	0.285714	0.714286	0.204082
43	5	2	0.500000	0.428571	0.500000	0.250000
44	6	2	0.571429	0.571429	0.428571	0.244898
45	6	2	0.571429	0.571429	0.428571	0.244898
46	5	1	0.428571	0.571429	0.571429	0.244898
47	4	2	0.428571	0.285714	0.571429	0.244898
48	5	2	0.500000	0.428571	0.500000	0.250000
49	4	0	0.285714	0.571429	0.714286	0.204082
50	3	0	0.214286	0.428571	0.785714	0.168367
51	3	1	0.285714	0.285714	0.714286	0.204082
52	3	1	0.285714	0.285714	0.714286	0.204082
53	4	1	0.357143	0.428571	0.642857	0.229592
54	3	0	0.214286	0.428571	0.785714	0.168367
55	3	1	0.285714	0.285714	0.714286	0.204082
56	5	1	0.428571	0.571429	0.571429	0.244898

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 (ต่อ)

ข้อที่	P_H	P_L	$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$	$r = \frac{P_H - P_L}{n}$	$q = 1 - P$	pq
57	3	0	0.214286	0.428571	0.785714	0.168367
58	4	1	0.357143	0.428571	0.642857	0.229592
59	3	0	0.214286	0.428571	0.785714	0.168367
60	3	1	0.285714	0.285714	0.714286	0.204082
รวม						12.59694

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

$$r_{tt} = 0.933$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้สถิติในการทดสอบสมมุติฐาน t-test

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
1	16	33	17	289
2	18	43	25	625
3	17	40	23	529
4	14	45	31	961
5	19	37	18	324
6	15	35	20	400
7	15	35	20	400
8	17	34	17	289
9	13	31	18	324
10	15	30	15	225
11	14	31	17	289
12	13	36	23	529
13	16	46	30	900
14	14	39	25	625
15	18	36	18	324
16	12	41	29	841
17	11	35	24	576
18	18	39	21	441
19	19	42	23	529
20	16	41	25	625
21	16	37	21	441
22	19	48	29	841
23	13	32	19	361
24	16	34	18	324
25	20	49	29	841
26	21	47	26	676
27	10	43	33	1089
28	19	36	17	289

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 (ต่อ)

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D ²
29	14	35	21	441
30	17	43	26	676
รวม			678	16024
ค่าเฉลี่ย	15.833	38.433	22.600	
T	25.173			

คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 15.833

คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 38.433

ค่าเฉลี่ยผลต่าง $\bar{D} = 22.600$

ผลรวมผลต่างคะแนน $\sum D = 678$

ผลรวมของผลต่างคะแนนกำลังสอง $\sum D^2 = 16024$

$df = n-1 = 30-1 = 29$

$$SD = \sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n(n-1)}} = 4.917$$

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} = 25.173$$

ตารางที่ ข.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนกับการทดสอบหลังเรียนจากการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์

	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยผลต่างก่อนกับหลัง	SDส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง	df	t
ทดสอบก่อนเรียน	15.833	22.600	4.917	29	25.173*
ทดสอบหลังเรียน	38.433				

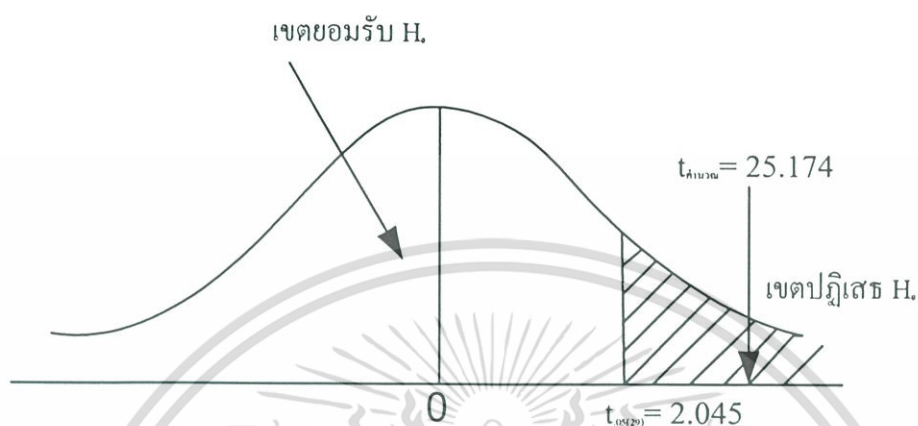
* $p < 0.05$

สมมติฐาน H_0 ; $\mu_1 = \mu_2$ การทดสอบหลังเรียน(μ_1) ไม่แตกต่างจากการทดสอบก่อนเรียน(μ_2)

H_1 ; $\mu_1 > \mu_2$ การทดสอบหลังเรียน(μ_1) สูงกว่าการทดสอบก่อนเรียน(μ_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่า $t_{\text{คำนวณ}}$ ที่คำนวณได้เท่ากับ 25.173 มีค่ามากกว่า ค่า $t_{0.05,(29)}$ จากการเปิดตารางแจกแจงที่เท่ากับ 2.045 ซึ่ง $t_{\text{คำนวณ}}$ มากกว่าค่าวิกฤต จึงปฏิเสธ H_0 ขอมรับ H_1 ดังนั้นการสอนด้วยหนังสือการ์ตูนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05



รูปที่ ช.1 พื้นที่ใต้โค้งปกติที่ได้จากการเปิดตารางแจกแจง t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 วิเคราะห์ความพึงพอใจหนังสือการ์ตูนเรื่องการวิเคราะห์เวกเตอร์

ข้อที่	ผู้เรียนคนที่																														ค่าเฉลี่ย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1	4	5	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	3	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	4	3	4.300	
2	5	5	5	4	3	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	3	5	4	5	4	5	4	4	4	5	5	4	3	5	4.366		
3	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	3	5	3	5	4	5	5	4	4	3	5	5	5	5	4	5	4.433	
4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4.100	
5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4.666	
6	4	4	4	5	4	4	4	4	4	3	3	5	4	3	4	5	3	4	5	4	5	4	3	4	5	4	4	5	4	4	4.066	
7	5	4	5	5	3	4	5	5	5	5	2	4	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	4.533
8	4	4	5	5	4	4	4	5	4	5	5	4	5	5	3	5	4	4	4	5	5	5	5	3	5	4	5	5	4	5	4.466	
9	5	5	5	4	5	5	5	5	4	3	2	3	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4.400	
10	4	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	5	5	3	4	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	4.266	
11	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	3	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4.533	
12	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	3	4	5	4	4	4	3	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4.366	
13	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	3	3	4	4	4	4	3	4	4	3	5	4	3	3	4	5	4	4	3	4	3.966	
14	2	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	2	3	4	5	4	3	4	4	4	4	4	5	4	4	3.900
15	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	5	5	3	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	5	4	4	4.233	
16	5	5	5	5	5	4	5	3	4	4	5	3	5	4	5	5	3	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4.600	
17	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4.433	
18	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	5	4	4	5	4	4	4	4	4	3	5	4	4	4	4	4	4	4.133	
19	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	3	3	4	4	5	4	4	4	3	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4.133	
20	4	3	3	3	3	5	4	3	3	3	3	3	4	4	3	5	3	4	3	3	4	4	4	3	5	3	4	3	3	4	3.533	
21	4	5	4	4	3	4	3	3	4	4	3	3	5	3	4	4	3	5	5	4	4	5	3	4	5	4	4	4	3	5	3.933	
22	4	4	3	4	4	4	4	4	5	4	2	4	4	4	5	4	3	4	3	3	4	3	4	5	4	3	3	4	4	4	3.800	
23	4	2	4	4	3	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5	3	4	3	4	4	5	4	5	5	5	4	4	3	5	4.133	
24	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3.766
25	5	5	4	4	4	4	5	3	4	4	3	3	5	5	4	5	4	3	4	4	3	5	5	4	5	4	4	4	4	5	4.166	
26	5	5	5	4	5	4	5	3	5	4	3	3	4	5	4	4	3	5	5	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4.333	
27	5	5	5	5	4	3	4	4	5	4	3	3	4	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4.400	
28	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	3	3	4	4	4	5	3	4	5	4	4	4	5	4	5	5	4	4	5	4	4.166	
29	4	5	3	5	4	4	5	4	5	4	3	3	5	4	4	4	4	4	5	3	5	4	4	4	4	5	3	5	4	5	4.166	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน

รายการประเมิน	\bar{X}	SD
1. เรื่องราวมีความน่าสนใจ และจูงใจ	4.30	0.59
2. การวาดคั่นฉบับสวยงามน่าสนใจ	4.36	0.66
3. ลำดับเรื่องราวและการไหลของเฟรมง่ายต่อการอ่าน	4.43	0.67
4. ทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น	4.10	0.48
5. หนังสือการ์ตูนมีการบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.66	0.47
6. หนังสือการ์ตูนชี้แนวทางการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	4.06	0.63
7. เนื้อเรื่องตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้	4.53	0.77
8. เนื้อเรื่องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน	4.46	0.62
9. ให้ความเพลิดเพลิน และเสริมแรงจูงใจในการเรียน	4.40	0.77
10. หนังสือการ์ตูนมีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา	4.26	0.69
11. ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม	4.53	0.57
12. ภาพการ์ตูน กราฟฟิก ที่นำเสนอสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ง่ายขึ้น	4.36	0.61
13. ความชัดเจนของการอธิบายและการให้ตัวอย่าง	3.96	0.66
14. ความเหมาะสมของวิธีการสอน โดยการใช้สื่อหนังสือการ์ตูน	3.90	0.71
15. มีความเหมาะสมในการเป็นหนังสืออ่านประกอบ	4.23	0.62
16. หนังสือให้อิสระต่อการเรียนด้วยตนเอง	4.60	0.67
17. หนังสือช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้ผู้เรียน	4.43	0.50
18. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.13	0.50
19. มีวิธีการนำเสนอเหมาะสม	4.13	0.57
20. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียน	3.53	0.68
21. ความสะดวกในการใช้หนังสือการ์ตูน	3.93	0.73
22. ความยากง่ายของแบบฝึกหัดและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน	3.80	0.66
23. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ช่วยเสริมความเข้าใจเนื้อ	4.13	0.77
24. โดยสรุปแล้ว หลังการเรียนด้วยหนังสือการ์ตูน ท่านมีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชา สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงใด	3.76	0.43
25. ความเหมาะสมของเนื้อหาที่ระดับความรู้ของผู้เรียน	4.16	0.69
26. หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนอยากอ่านซ้ำเพียงใด	4.33	0.71
27. หนังสือการ์ตูนทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	4.40	0.67
28. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเพียงใด	4.16	0.59
29. ผู้เรียนเห็นด้วยกับการสร้างสื่อการสอนแบบหนังสือการ์ตูน กับวิชาอื่น ๆ เพียงใด	4.16	0.69
ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูน	4.21	0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่ออ้าย รักเอกบุรุษ
อายุ 20 ปี
เกิด 2 มิถุนายน 19xx
สูง 160 ซม.
น้ำหนัก 50 กก.
สัดส่วน 35-28-34 นิ้ว
หมู่เลือด B

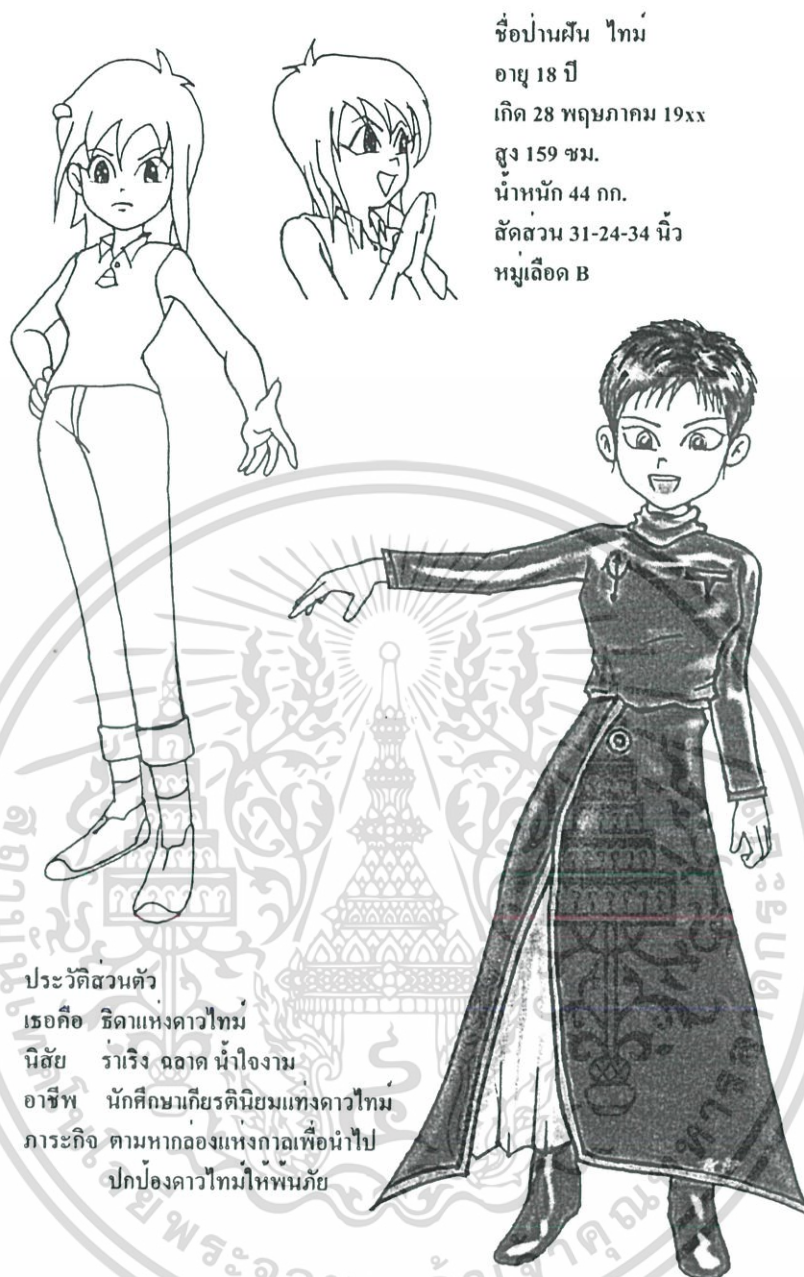


ประวัติส่วนตัว
เขาคือ ทายาทราชาแห่งดาวไหม
นิสัย ร่าเริง ฉลาด ชุ่มชาม
อาชีพ นักศึกษาปี 2 นักเขียนการ์ตูน
ภาระกิจ ปกป้องกล่องแห่งกาช ช่วยโลกให้
พ้นภัยจากจอมมารไซลินไดร

รูปที่ ข.1 คุณลักษณะตัวละคร นายอ้าย รักเอกบุรุษ

นายอ้าย รักเอกบุรุษ รับบทเป็นพระเอกของเรื่อง มีนิสัยร่าเริง ฉลาด ชุ่มชาม จิตใจดี แต่อ่อนไหวง่าย นายอ้ายเป็นมนุษย์ที่มีเชื้อสายมนุษย์ดาวไหม เนื่องจากพ่อเป็นมนุษย์โลก และแม่ของนายอ้ายเป็นธิดาของพระราชินีแห่งดาวไหมองค์ก่อน นายอ้ายมีพลังแฝงที่มหาศาลเวลาที่ เขาโกรธหรือตกใจอย่างสุดขีด เป็นลูกพลังที่มีแรงแหวกอากาศอันมหาศาลอย่างคาดเดาไม่ถูก (แรงแหวกอากาศประมาณ 500,000 นิวตัน) และยังสามารถเหาะเหินเดินอากาศได้ อย่าง อัจฉริยะ นายอ้าย มีความเข้าใจการเคลื่อนที่ และบอกตำแหน่งในพิกัดเวกเตอร์แกนประสาน ทรงสี่เหลี่ยมได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อปานฝัน ไท้ม
 อายุ 18 ปี
 เกิด 28 พฤษภาคม 19xx
 สูง 159 ซม.
 น้ำหนัก 44 กก.
 สัดส่วน 31-24-34 นิ้ว
 หมู่เลือด B

ประวัติส่วนตัว
 เธอคือ ธิดาแห่งดาวไหม
 นิสัย ร่าเริง ฉลาด น่าใจงาม
 อาชีพ นักศึกษาเกียรตินิยมแห่งดาวไหม
 ภาระกิจ ตามหากล่องแหงกาลเพื่อนำไป
 ปกป้องดาวไหมให้พ้นภัย

รูปที่ ช.2 คุณลักษณะตัวละคร องค์หญิงปานฝัน ไท้ม

องค์หญิงปานฝัน ไท้ม รับบทเป็นนางเอกของเรื่อง มีนิสัยร่าเริง ฉลาด ขี้เล่น ใจดี องค์หญิงปานฝัน เป็นมนุษย์ดาวไหม เป็นธิดาของพระราชแห่งดาวไหมองค์ปัจจุบัน องค์หญิงปานฝัน เป็นคนที่มีไหวพริบ เรียนเก่ง มีพลังมหาศาล สามารถปล่อยลูกพลังที่มีแรงแหวกอากาศอันมหาศาล (แรงแหวกอากาศประมาณ 1,000,000 นิวตัน) มีการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถเหาะเหินเดินอากาศได้อย่างอัศจรรย์ องค์หญิงปานฝัน มีความเข้าใจ การเคลื่อนที่ และบอกตำแหน่งในพิกัดเวกเตอร์แกนประสานทรงสี่เหลี่ยม และทรงกระบอกได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชื่อไซลินไตร์ อีเล็กโตร
อายุ 108 ปี
เกิด 9 มีนาคม 18xx
สูง 181 ซม.
น้ำหนัก 70 กก.
สัดส่วน 40-29-37 นิ้ว
หมู่เลือด AB

ประวัติส่วนตัว

เขาคือ จอมมารแห่งดาวอีเล็กโตร
นิสัย ใจเย็น ฉลาด จิตใจโหดร้าย
อาชีพ นักรบลาอาณานิคม
ภารกิจ ตามหากองแห่งกาล
เพื่อทำให้ชีวิตเป็นอมตะ







รูปที่ ช.3 คุณลักษณะตัวละคร จอมมารไซลินไตร์ อีเล็กโตร

จอมมารไซลินไตร์ อีเล็กโตร รับบทเป็นตัวร้ายของเรื่อง มีนิสัยใจเย็น ฉลาด จิตใจเย็นชาคึกน้ำแข็ง โหดร้าย เป็นจอมมารแห่งดาวอีเล็กโตร ติดตามองค์หญิงป่านฝัน มาจากดาวไทม์ เพื่อที่จะมาแย่งชิงกล่องแห่งกาลเอกภพ เพื่อที่จะทำให้ตนเองมีชีวิตเป็นอมตะ สามารถปล่อยลูกพลังที่มีแรงแหวกอากาศอันมหาศาล (แรงแหวกอากาศประมาณ 2,000,000 นิวตัน) มีการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็ว และยังสามารถเหาะเหินเดินอากาศมีวิธีการเคลื่อนที่ และบอก

ตำแหน่งในพิภคเวกเตอร์แกนประสานทรงกระบอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สตอรี่บอร์ด และสคริปต์			
ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์แวกเตอร์ ตอนที่ 1 ชื่อตอน ความทรงจำ หน้าที่ 13 ผู้เขียน นายอวยชัย ขาตรงไชย			
ฉากที่	ภาพ	มุมกล้อง	คำบรรยาย
1		ภาพ Long shot ภาพมุมบน ทิวทัศน์กล้องลง 15 องศา	อ้าย : ไม่จริง ฮือ ๆ
2		ภาพ Waist shot ภาพระดับสายตา	อ้าย : หัวใจอ่อน ๆ รับ ไม่ได้ ปานฝัน : ร้องให้เป็น เด็กไปได้
3		ภาพ close up of eyes	ปานฝัน : ใช่ว่า..เรา อยากจากเธอไป แต่.....
4		ภาพ Tow shot ฉากหลังทำเอฟเฟ็ก เสริมบรรยากาศ โรแมนติก	ปานฝัน : แต่ใช่ว่า..เรา จะไม่กลับมาที่นี่ แต่ไม่รู้ ว่าเมื่อไร เอะเดอะ ๆ กลับกันเดอะเด้อก็มิด กันพอดี อ้าย : สวยจัง

รูปที่ ๔.4 สตอรี่บอร์ด และสคริปต์

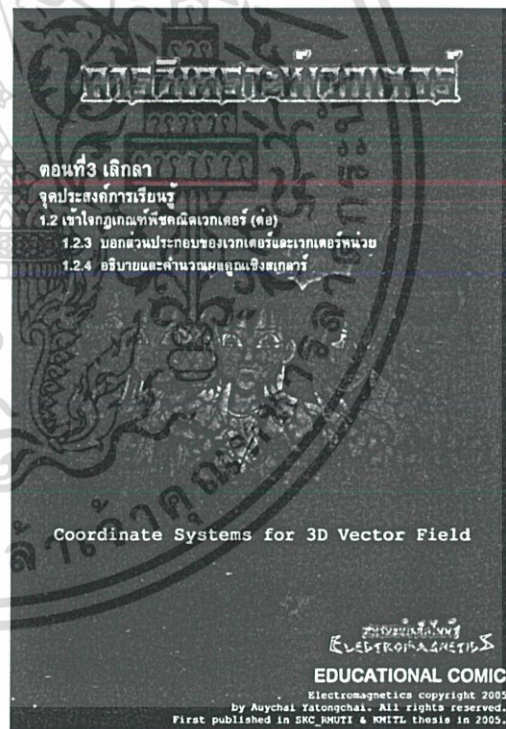
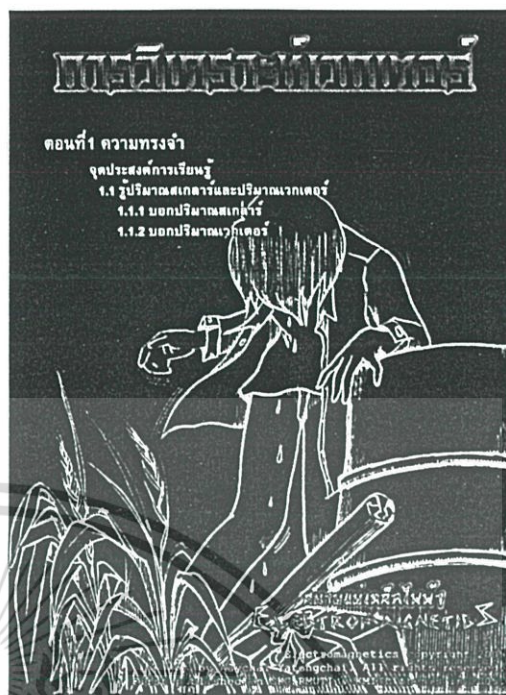
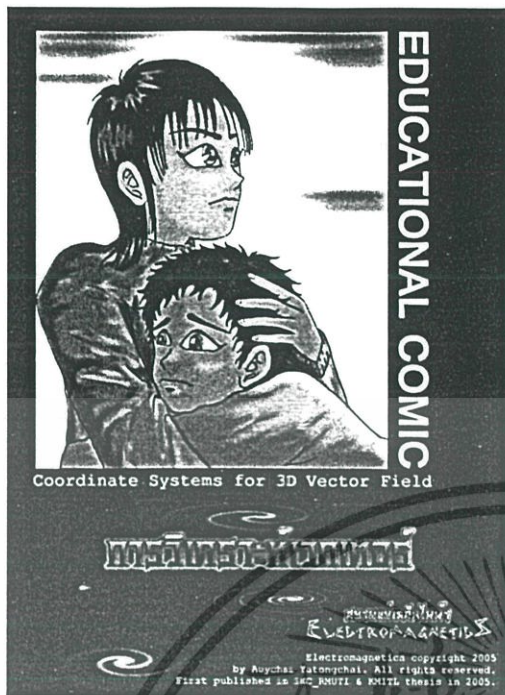
จากรูปที่ 5 เป็นการเขียนสตอรี่บอร์ดและสคริปต์ เพื่อเป็นตัวกำหนดโครงร่าง มุมกล้อง และบทพูดในเบื้องต้น เมื่อสตอรี่บอร์ด และสคริปต์เป็นที่พอใจแล้ว จึงนำไปเขียนต้นฉบับ เพื่อให้งานต้นฉบับออกมาสมบูรณ์ตามที่วางแผน ไว้ดังในรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



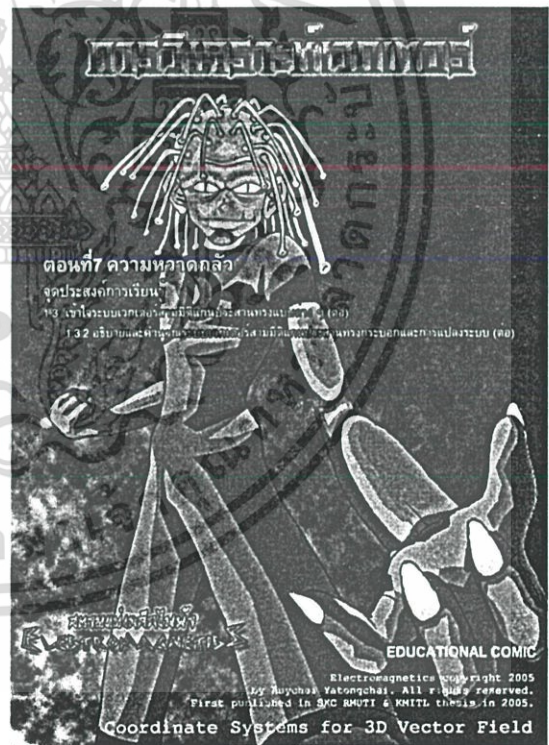
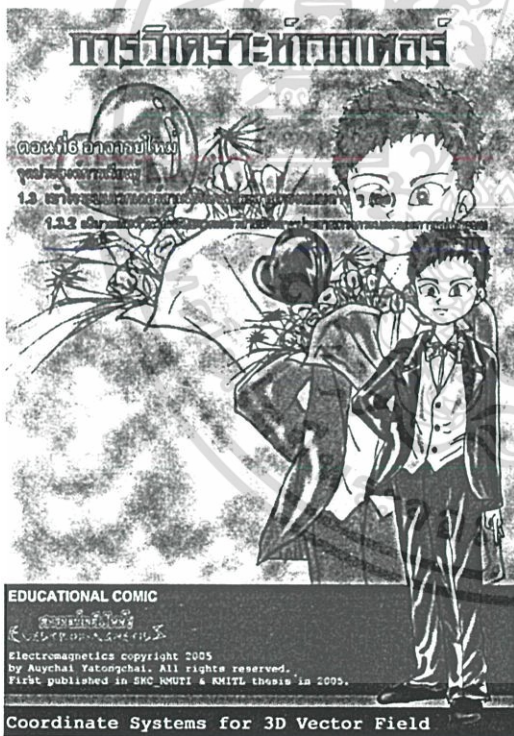
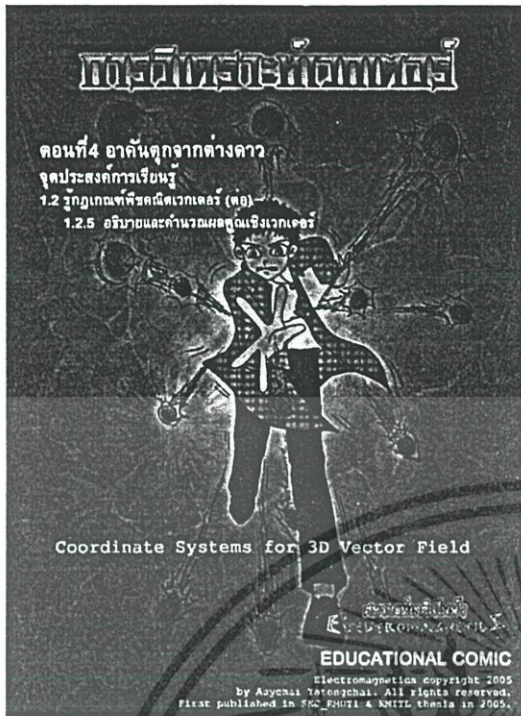
รูปที่ ข.5 ภาพต้นฉบับที่ได้จากสตอรี่บอร์ด และสคริปต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



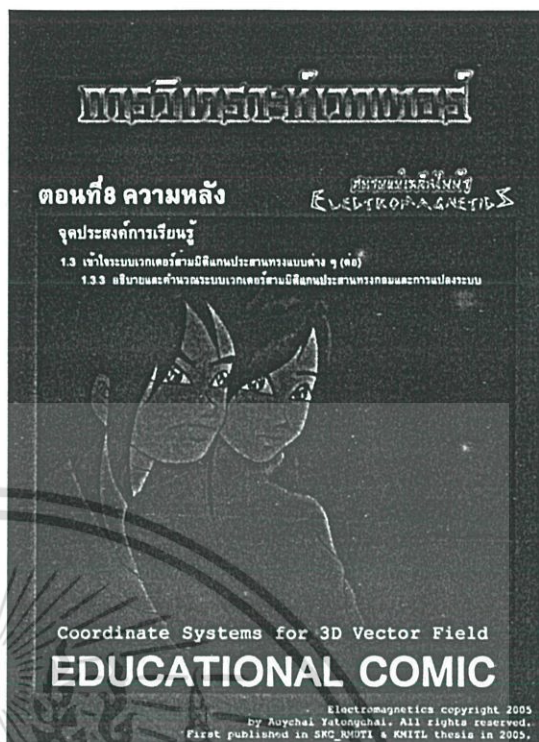
รูปที่ ข.6 ภาพปกหน้า และปกชื่อตอนทั้ง 9 ตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

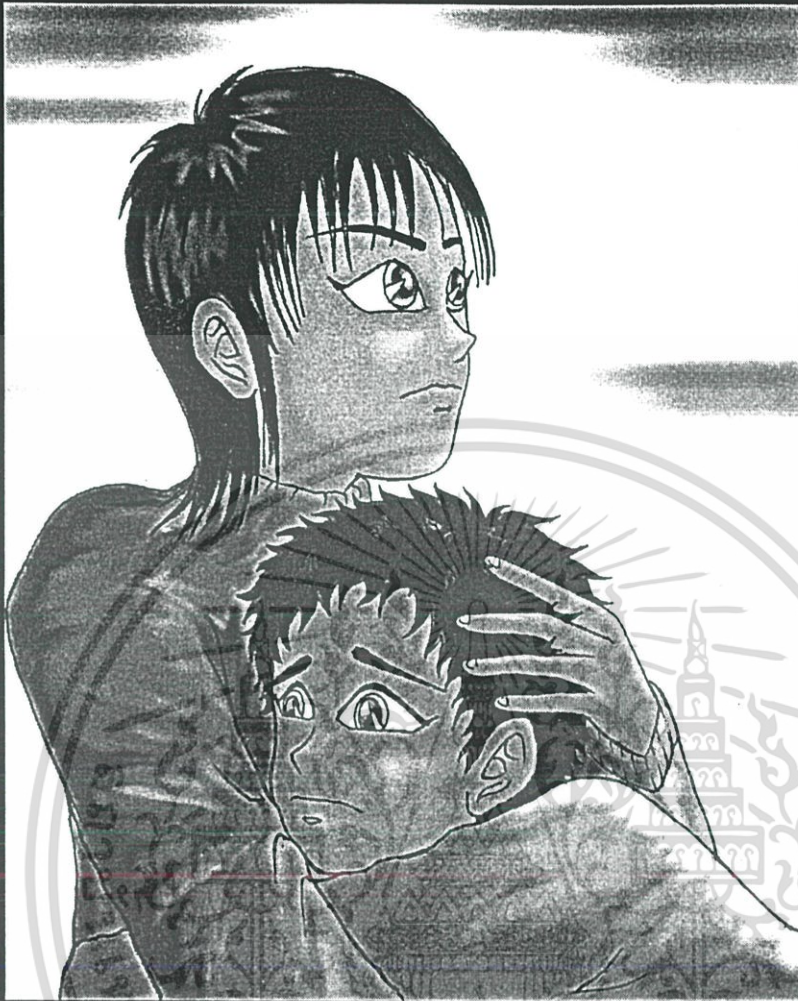


รูปที่ ๗.6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EDUCATIONAL COMIC

Coordinate Systems for 3D Vector Field

แม่เหล็กและทฤษฎีเวกเตอร์

สนามแม่เหล็กไฟฟ้า
ELECTROMAGNETICS

Electromagnetics copyright 2005
by Auychai Yatongchai. All rights reserved.
First published in SKC_RMUTI & KMUTL thesis in 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทศรีตราห้เวทศร

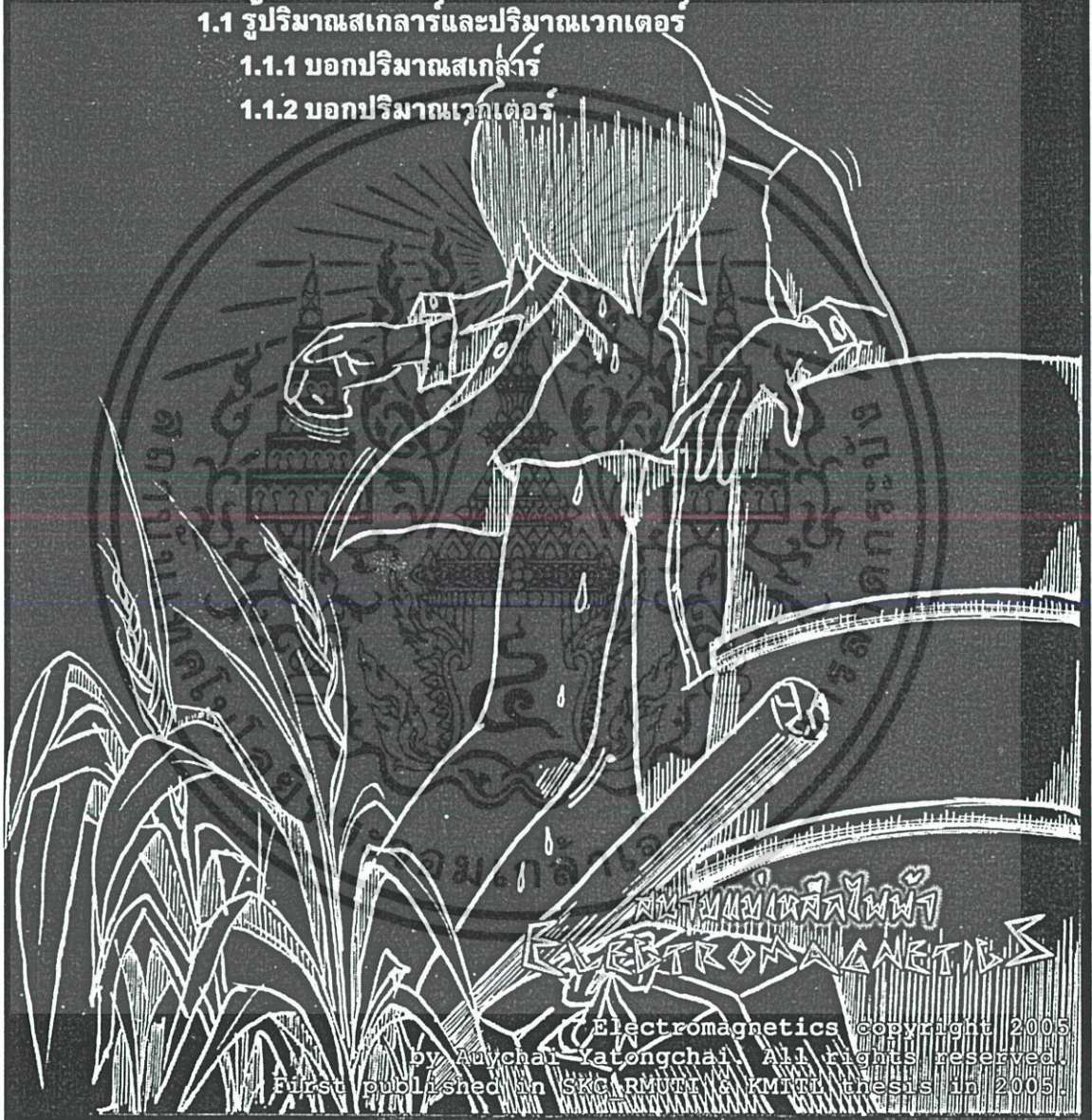
ดอหนที่ 1 ความทรจ่า

จุดประสคการเรยนรู้

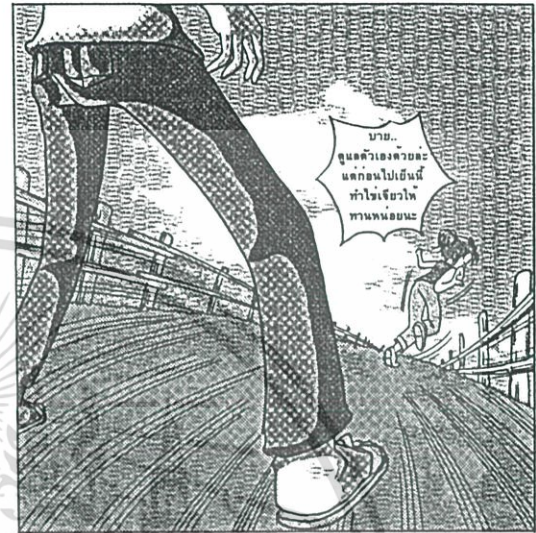
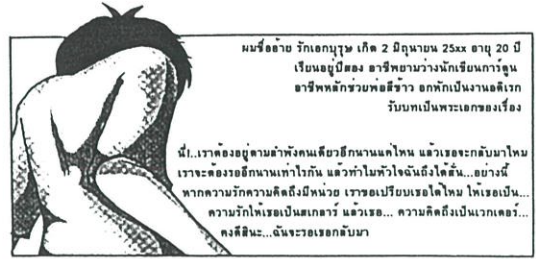
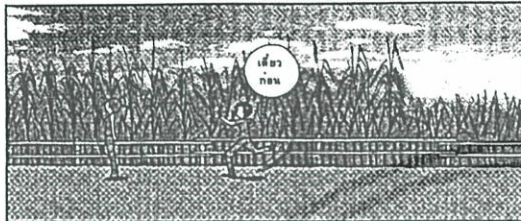
1.1 รุปรมาณสเกลลาร์และปรมาณเวทศร

1.1.1 บอกรมาณสเกลลาร์

1.1.2 บอกรมาณเวทศร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

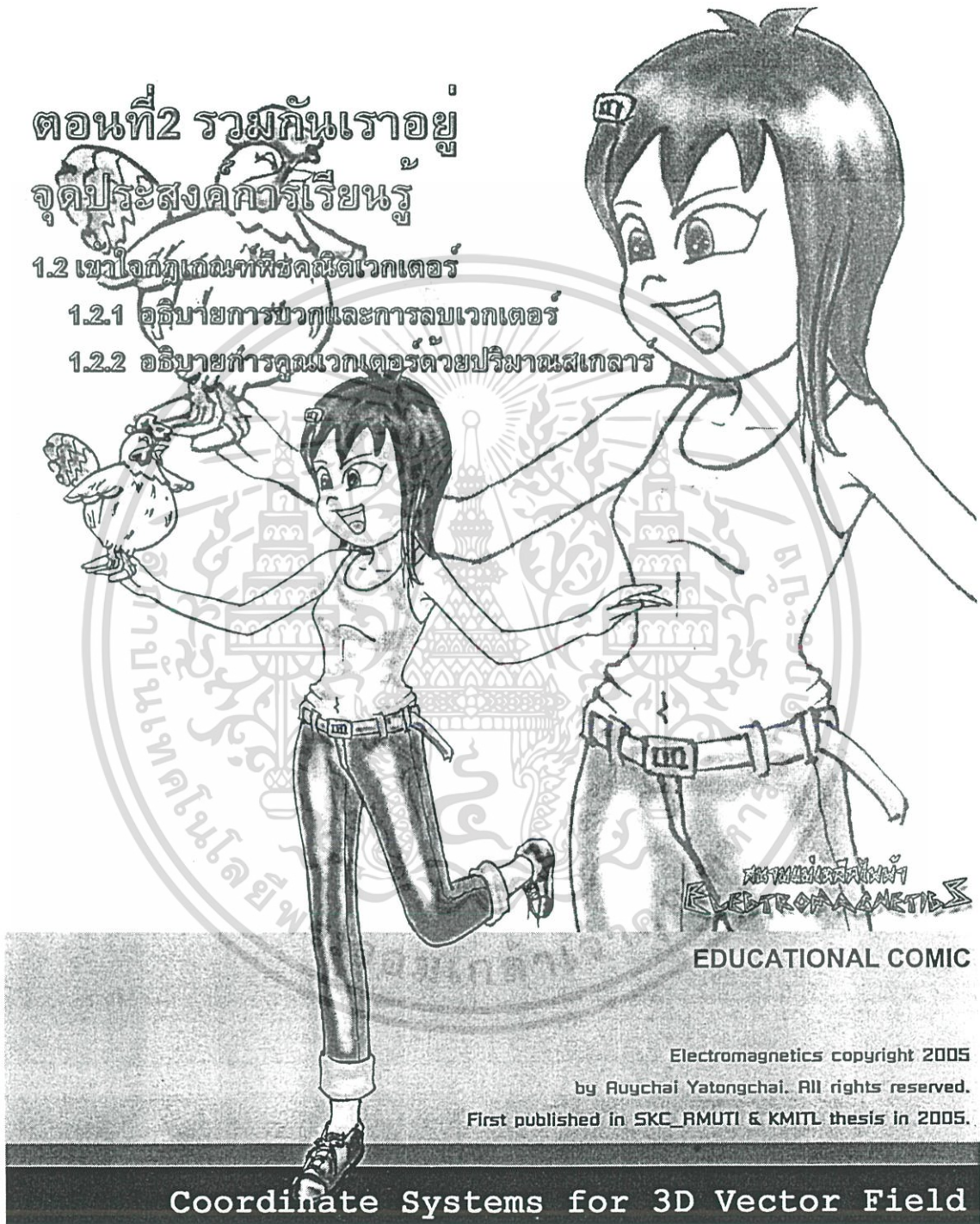
การวิเคราะห์เวกเตอร์

ตอนที่ 2 รวมกันเราอยู่
จุดประสงค์ควรเรียนรู้

1.2 เวกเตอร์ที่ชี้ทิศทางในเวกเตอร์

1.2.1 อธิบายการบวกและการลบเวกเตอร์

1.2.2 อธิบายการคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์



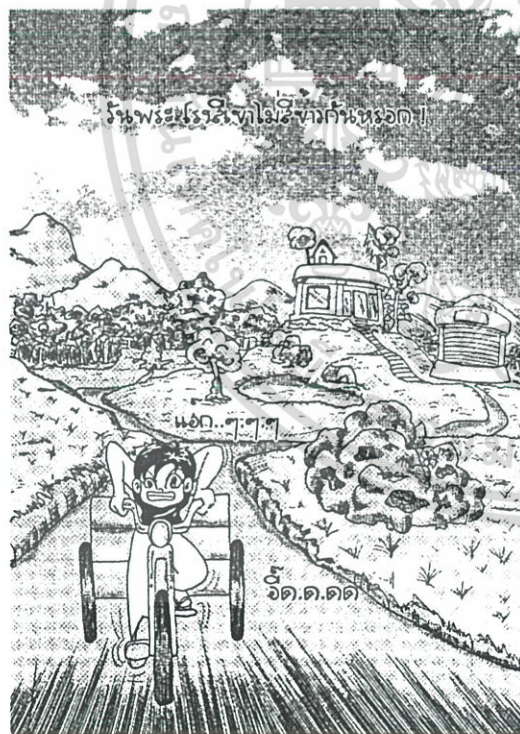
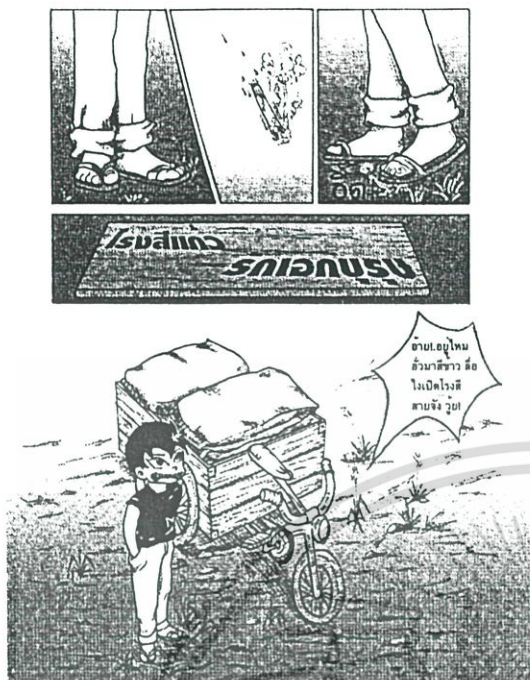
Electromagnetics copyright 2005

by Ruychai Yatongchai. All rights reserved.

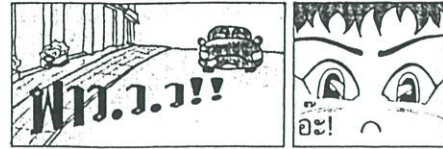
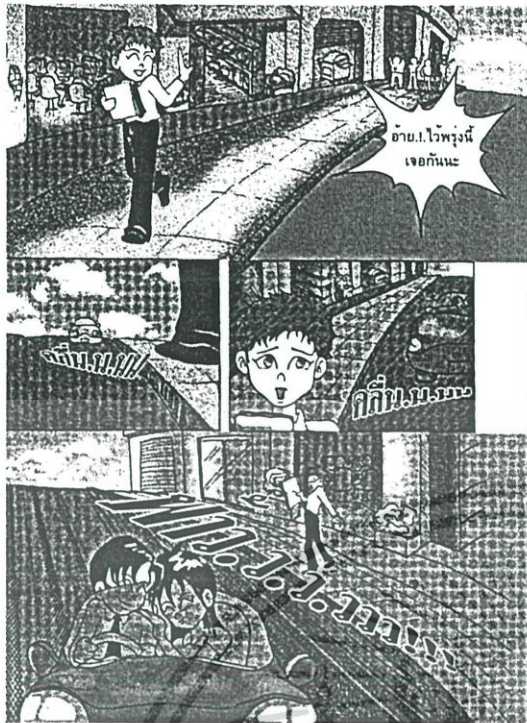
First published in SKC_AMUTI & KMUTL thesis in 2005.

Coordinate Systems for 3D Vector Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เฮย..!
จะลอบไปไหนกัน

หยุดเดี๋ยวนี้ละ
เจ้ามบ้า

กำหนดให้ A และ B เป็นเวกเตอร์ในระนาบ
 2 มิติ และ a เป็นปริมาณสเกลาร์ จะได้ว่า
 คุณสมบัติของการบวกเวกเตอร์
 1) คุณสมบัติปิด $A + B$ เป็นเวกเตอร์ในระนาบ 2 มิติ
 2) คุณสมบัติการเปลี่ยนที่ $A + B = B + A$
 3) คุณสมบัติการเปลี่ยนกลุ่ม $A + (B + C) = (A + B) + C$
 4) การมีเอกลักษณ์ มีเวกเตอร์ $O = A + B = A$
 5) การมีเวกเตอร์ (ผกผัน) สำหรับทุก A จะมี $-A$
 โดยที่ $A + (-A) = (-A) + A = O$
 ทนบนเซต เวกเตอร์ $O \neq a$
 คุณสมบัติของการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์
 1) คุณสมบัติปิด aA เป็นเวกเตอร์ในระนาบ 2 มิติ
 2) คุณสมบัติการเปลี่ยนที่ $(a+b)A = aA + bA$
 3) คุณสมบัติการเปลี่ยนกลุ่ม $a(A + B) = aA + aB$
 หรือ $(a+b)A = aA + bA$
 4) $1A = A$

จบตอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนพิเศษที่เวกเตอร์

ตอนที่ 3 เล็กลา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1.2 เข้าใจกฎเกณฑ์ที่ชัดเจนเวกเตอร์ (ต่อ)

1.2.3 บอกส่วนประกอบของเวกเตอร์และเวกเตอร์หน่วย

1.2.4 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงสเกลาร์

Coordinate Systems for 3D Vector Field

สมมติพิเศษไฟฟ้า
ELECTROMAGNETICS

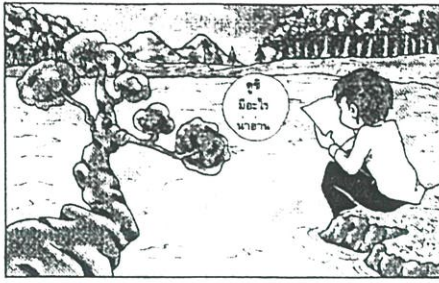
EDUCATIONAL COMIC

Electromagnetics copyright 2005

by Aychai Yatongchai. All rights reserved.

First published in SKC_RMUTI & KMIL thesis in 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ส่วนประกอบของเวกเตอร์ (Vector Components)
ถ้ามีเวกเตอร์ \vec{P} ส่วนประกอบของเวกเตอร์จะประกอบไปด้วย P_x, P_y, P_z ซึ่งในที่นี้ P_x, P_y, P_z คือขนาดของเวกเตอร์ \vec{P} ในทิศทาง $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ ตามลำดับ แล้วจะเขียนเวกเตอร์ \vec{P} ได้ว่า $\vec{P} = P_x \hat{i} + P_y \hat{j} + P_z \hat{k}$

เวกเตอร์หน่วย (Unit Vector) หมายถึง ปริมาณเวกเตอร์ใด ๆ ที่มีขนาดเท่ากับหนึ่งเสมอ ไม่ว่าจะมีทิศทางใดก็ตาม และเวกเตอร์ใด ๆ ที่มีเวกเตอร์หน่วยเท่ากันหมายความว่าเวกเตอร์เหล่านั้นมีทิศทางเดียวกัน



สุดท้าย!
แต่ฉันไม่ทันจะรู้เรื่องเลย

แต่ในใจก็คิดถึง...
สุดท้ายขอโทษนะ

ฉันรับประกันคุณภาพแทนพ่อฉันได้โดย

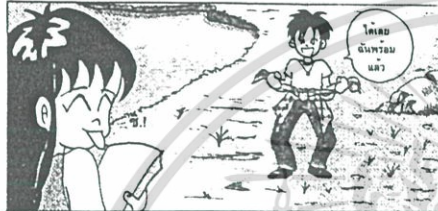
องค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสามมิติ
ถ้ามีเวกเตอร์ \vec{P} ซึ่งประกอบของ P_x, P_y, P_z ในทิศทาง $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ ตามลำดับ แล้วจะเขียนเวกเตอร์ \vec{P} ได้ว่า $\vec{P} = P_x \hat{i} + P_y \hat{j} + P_z \hat{k}$

เวกเตอร์หน่วยในระบบพิกัดสามมิติ มี $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ เป็นทิศทางของระบบพิกัดสามมิติซึ่งมีจุดศูนย์กลางที่จุดกำเนิดของแกน x, y, z ตามลำดับ ทิศทางนี้กำหนดโดย $\hat{i} = (1, 0, 0)$, $\hat{j} = (0, 1, 0)$, $\hat{k} = (0, 0, 1)$ ในเขียนเป็นแบบเวกเตอร์ได้ดังนี้ $\vec{P} = P_x \hat{i} + P_y \hat{j} + P_z \hat{k}$ หรือ $\vec{P} = P_x \hat{i} + P_y \hat{j} + P_z \hat{k}$

ขนาดของเวกเตอร์ \vec{P} ได้ว่า $P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$

เวกเตอร์หน่วยในทิศทางของ \vec{P} ได้ว่า $\hat{p} = \frac{\vec{P}}{P} = \frac{P_x \hat{i} + P_y \hat{j} + P_z \hat{k}}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}}$ = เวกเตอร์หน่วยในทิศทางของเวกเตอร์ \vec{P}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขนาดของเวกเตอร์ก็คือความยาวของเวกเตอร์ โดยหาได้จากสูตรสามเหลี่ยมมุมฉาก(พีทาโกรัส)

$$|\vec{r}| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}$$

ถ้า $\vec{r} = 2\hat{i} + 3\hat{j} + 2\hat{k}$,
จะได้ $|\vec{r}| = \sqrt{2^2 + 3^2 + 2^2} = \sqrt{17}$ หน่วย

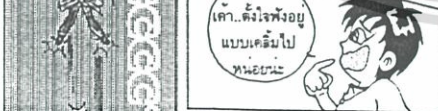


จากสูตรพีทาโกรัส

$$R^2 = r_x^2 + r_y^2 + r_z^2$$

$$R = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}$$

ถ้า $\vec{r} = r_x\hat{i} + r_y\hat{j} + r_z\hat{k}$
จะได้ $|\vec{r}| = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}$



เอาล่ะ! มาฟังตัวอย่าง

มุมสูงด้านเวกเตอร์ $\vec{A} = 4\hat{i} - 2\hat{j} - 3\hat{k}$, $\vec{B} = 2\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}$
และ $\vec{C} = 6\hat{i} + 4\hat{j} + 4\hat{k}$ จงหา (ก) ขนาดของ $(\vec{A} + \vec{B})$
(ข) $|\vec{A} + \vec{B}| \neq |\vec{A}| + |\vec{B}|$ และ (ค) ขนาดของ $(\vec{A} + \vec{B})$
ไว้สำหรับ (ก) ขนาดของ $(\vec{A} + \vec{B})$
 $\vec{A} + \vec{B} = (4\hat{i} - 2\hat{j} - 3\hat{k}) + (2\hat{i} + 4\hat{j} + 5\hat{k}) = 6\hat{i} + 2\hat{j} + 2\hat{k}$
 $|\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{6^2 + 2^2 + 2^2} = \sqrt{44} = 4.123$ หน่วย ตอบ
ไว้สำหรับ (ข) ขนาดของ $(\vec{A} + \vec{B}) \neq |\vec{A}| + |\vec{B}|$
 $|\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{(4-2)^2 + (-2+4)^2 + (-3+5)^2} = \sqrt{4+4+4} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}$
 $|\vec{A}| + |\vec{B}| = \sqrt{4^2 + (-2)^2 + (-3)^2} + \sqrt{2^2 + 4^2 + 5^2} = \sqrt{29} + \sqrt{54} = 5.385 + 7.348 = 12.733$ หน่วย ตอบ
สรุปได้ว่า $|\vec{A} + \vec{B}| \neq |\vec{A}| + |\vec{B}|$ เพราะ 4.123 หน่วย \neq 12.733 หน่วย

และข้อสุดท้าย (ค) ขนาดของ $(\vec{A} + \vec{B})$

ไว้สำหรับ จากค่ามุมสูงของด้านเวกเตอร์ข้างต้นจะได้ขนาดของเวกเตอร์

กันหรือขนาดที่แน่นอน จากสูตรข้างบนของ $(\vec{A} + \vec{B})$ หาได้ว่า

$$|\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{6^2 + 2^2 + 2^2} = \sqrt{44} = 2\sqrt{11}$$

ขนาดของเวกเตอร์ \vec{C} หาได้จาก

$$|\vec{C}| = \sqrt{6^2 + 4^2 + 4^2} = \sqrt{76} = 2\sqrt{19}$$

และ $|\vec{C}| = \frac{6}{\sqrt{76}} + \frac{4}{\sqrt{76}} + \frac{4}{\sqrt{76}} = \frac{6}{\sqrt{19}} + \frac{4}{\sqrt{19}} + \frac{4}{\sqrt{19}} = \frac{14}{\sqrt{19}}$

สรุปได้ว่าขนาดของ \vec{C} ขนาดของ $(\vec{A} + \vec{B})$ และขนาดของเวกเตอร์อื่นทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลสี่สิ่ง เราหาผลได้! เราคิดแบบนั้นหา 4 หน่วยได้ไม่ ไหม

$$|a_1| = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{17}}\right)^2 + \left(\frac{2}{\sqrt{17}}\right)^2 + \left(\frac{2}{\sqrt{17}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{17}\right) + \left(\frac{4}{17}\right) + \left(\frac{4}{17}\right)}$$

$$|a_1| = \sqrt{\frac{9}{17}} = 1 \text{ หน่วย} \text{ คิดค่าได้ไหม}$$

และมีมีการ
คูณเวกเตอร์
อีกที่จะอธิบาย

หา...ใช่การคูณ
ด้วยสเกลาร์ไหม

ไม่ไร

อ่าว!
แล้วไรอะ

อืม...ผมคิด

ดู!!! ดู!!!

หินก้อนนี้แหละ!
ที่จะอธิบาย
การคูณเชิงสเกลาร์

ฮา

อะ!
ถือเอา
ไว้

ทำไม
เทอ

ดวงนี้ต้อง
ทำอะไรต่อ

ออกแรงดึง
เท่าที่เธอ
จะทำได้

หา...!
โผล่สิก็อยู่นั่น
ก่อนนี่

ไม่
จริงหรอก

ใจจะ
เหมือนไหม
ทันที

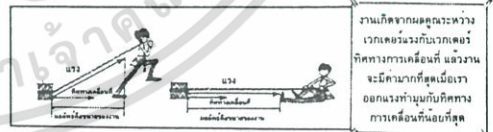
แต่เหมือนในสิ่งที่
พูดจริงๆ!

การที่แสดงการดึงวัตถุ
ภายใต้แรงที่กระทำออกแรงดึงหรือผลคูณ
จากเวกเตอร์เชิงสเกลาร์ของเวกเตอร์

เป็นค่าบวกแสดงว่ามุมกับ
เวกเตอร์ที่ทิศทางเคลื่อนที่ตรง
กันพอดีในบางกรณี

จะดึง...ไม่ดึง
อืม...มมม

อืม!
งั้นผมจะ
ดึงไปข้างหน้า
ดีกว่า



บางทีคุณ...ก็
แล้วถึงตอนจะ
เหนื่อยอืม

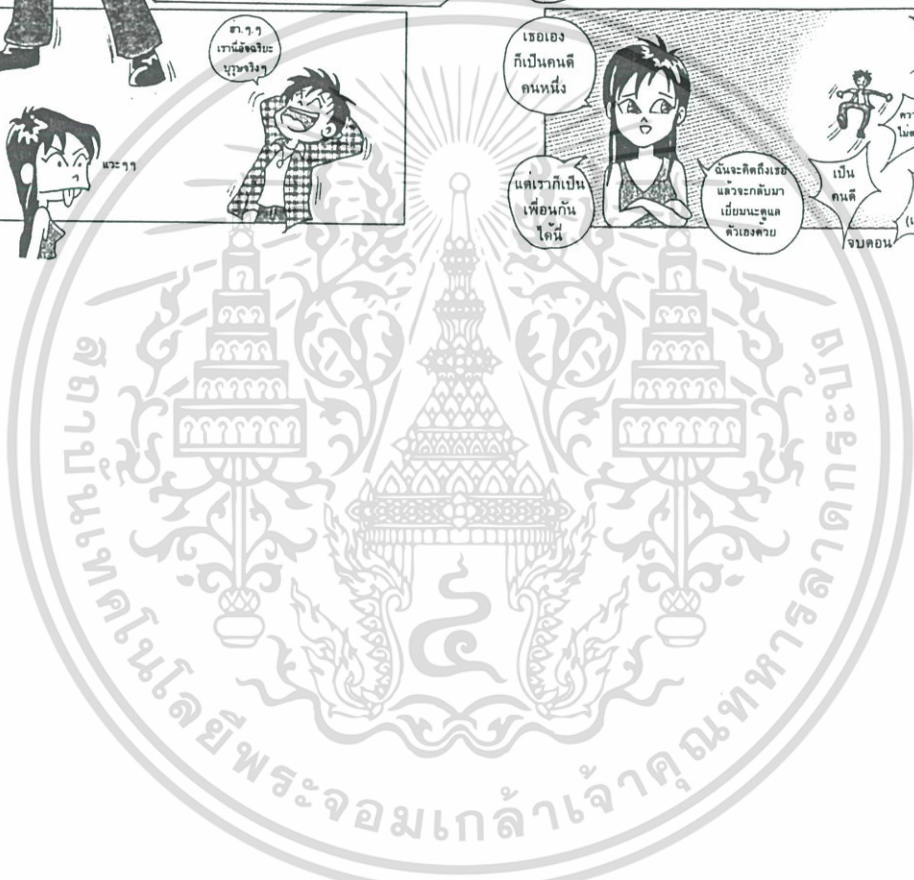
อืม...ข.ข.
จะ...ผมคิดว่า
จะไม่ไป...
ไปข้างหน้า

ผลคูณเชิงสเกลาร์หรือผลคูณจุด (Dot Product)
เป็นค่าคูณเวกเตอร์สองเวกเตอร์ให้ผลลัพธ์การคูณ
จะเป็นปริมาณสเกลาร์ ซึ่งนิยามคือได้สมการว่า
 $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta_{ab} = |\vec{b}| |\vec{a}| \cos \theta_{ba} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta$
ซึ่งว่ากันว่า \vec{a} คือ \vec{b} เท่ากับผลคูณระหว่างขนาดของ $|\vec{a}|$
กับขนาดของ $|\vec{b}|$ และมุม $\cos \theta_{ab}$ หรือเท่ากับขนาดของ $|\vec{b}|$
คูณกับเงาของเวกเตอร์ \vec{a} ที่ลงบน $|\vec{b}|$ ไปยังเวกเตอร์ \vec{b} เรามัก
แทนด้วย $(\vec{a} \cdot \vec{b})$ และจะเท่ากับขนาดของ $|\vec{a}|$ คูณกับเงาของ
เวกเตอร์ \vec{b} ที่ลงบน $|\vec{a}|$ ไปยังเวกเตอร์ \vec{a} เรามักแทนด้วย $(\vec{b} \cdot \vec{a})$
ดังนั้น $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta_{ab}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างนี้
นี่เอง

ถ้าหาผลรวมเวกเตอร์ $\vec{A} = A_1\hat{i}_1 + A_2\hat{i}_2 + A_3\hat{i}_3$
และ $\vec{B} = B_1\hat{i}_1 + B_2\hat{i}_2 + B_3\hat{i}_3$ เราจะได้เวกเตอร์
 $\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta$
 $\vec{A} \cdot \vec{B} = (A_1\hat{i}_1 + A_2\hat{i}_2 + A_3\hat{i}_3) \cdot (B_1\hat{i}_1 + B_2\hat{i}_2 + B_3\hat{i}_3)$
วิธีหาค่าผลรวมเวกเตอร์
 $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_1B_1\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_1 + A_1B_2\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_2 + A_1B_3\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_3$
 $+ A_2B_1\hat{i}_2 \cdot \hat{i}_1 + A_2B_2\hat{i}_2 \cdot \hat{i}_2 + A_2B_3\hat{i}_2 \cdot \hat{i}_3$
 $+ A_3B_1\hat{i}_3 \cdot \hat{i}_1 + A_3B_2\hat{i}_3 \cdot \hat{i}_2 + A_3B_3\hat{i}_3 \cdot \hat{i}_3$
เนื่องจากเวกเตอร์ใด ๆ คูณกับเวกเตอร์
จะเท่ากับ 1 ถ้า $\cos\theta = 1$ จึงทำให้
 $\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_1 = \hat{i}_2 \cdot \hat{i}_2 = \hat{i}_3 \cdot \hat{i}_3 = |\hat{i}_1||\hat{i}_1|\cos\theta$
 $= (1)(1)\cos\theta = 1$
และเวกเตอร์ต่าง ๆ คูณกันจะต่าง
จะเท่ากับ 0 ถ้า $\cos\theta = 0$ จึงทำให้
 $\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_2 = \hat{i}_1 \cdot \hat{i}_3 = \hat{i}_2 \cdot \hat{i}_1 = \hat{i}_2 \cdot \hat{i}_3 = \hat{i}_3 \cdot \hat{i}_1 = \hat{i}_3 \cdot \hat{i}_2 = 0$
 $= \hat{i}_1 \cdot \hat{i}_2 = |\hat{i}_1||\hat{i}_2|\cos\theta = (1)(1)\cos\theta = 0$
ดังนั้น $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_1B_1\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_1 + A_1B_2\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_2 + A_1B_3\hat{i}_1 \cdot \hat{i}_3$
 $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กาพย์พิเศษที่จบพิเศษ

ตอนที่ 4 อ่าคันตุกจากต่างดาว

จุดประสงค์การเรียนรู้

1.2 รู้กฎเกณฑ์พีชคณิตเวกเตอร์ (ต่อ)

1.2.5 อธิบายและคำนวณผลคูณเชิงเวกเตอร์

Coordinate Systems for 3D Vector Field

ศรชัย ยาทองชัย
ELECTROMAGNETICS

EDUCATIONAL COMIC

Electromagnetics copyright 2005
by Auychai Yatongchai. All rights reserved.
First published in SKC_RMUTI & KMITL thesis in 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก้าวออกแนว
 $F = 10a_x + 20a_y + 30a_z$
นำคัม(ข.)
จรวังวัตถุไปตามทิศทางการ
เคลื่อนที่ความยาว

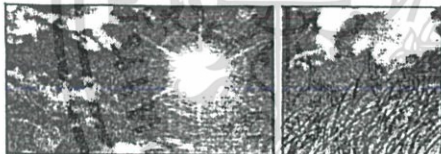


ฮือ... ๆ ๆ



ฮือ ๆ ๆ
มาด้วยความหวัง
แล้วก็จากไป

$L = 4 + 2a_x + 4a_y$ เมื่อเราต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่
ผ่านในทิศทางของเวกเตอร์ $F = L$ วัตถุในแนวที่
 $F = (10 \times 1) + (20 \times 2) + (30 \times 3) = 140$ นำคัม(ข.)
และจะหาได้ว่าขนาดทำให้วัตถุเคลื่อนที่
ไปได้ตามความยาว $L = \sqrt{4^2 + 2^2 + 4^2} = \sqrt{24}$ ค.
ในทิศทางของเวกเตอร์ L จะเปลี่ยนเป็น $140 \times \frac{\sqrt{24}}{4}$ นั่นเอง



ฮือ... ๆ ๆ ๆ

ขอโทษจริงๆ
ต้องทิ้งชิ้นของ
คุณจริงๆ



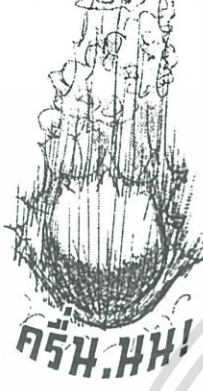
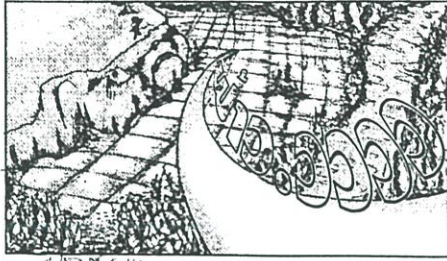
ทา!

ฉัน
รัก
เธอ

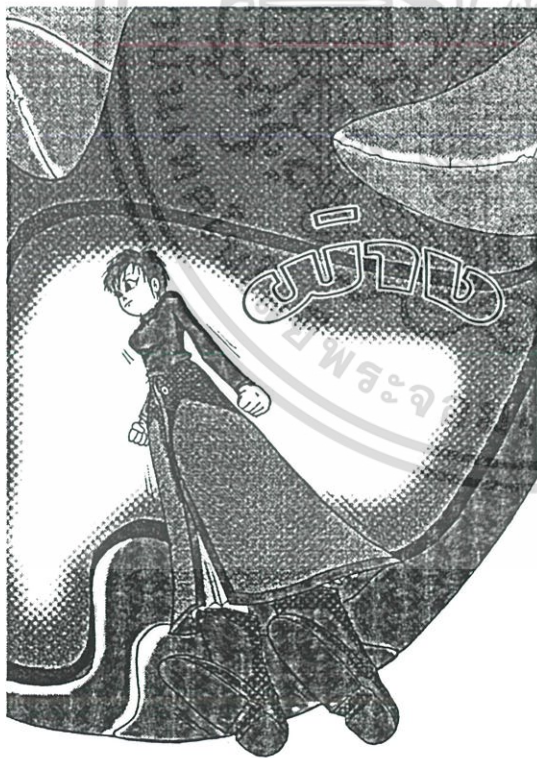
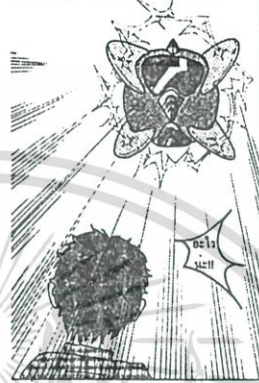
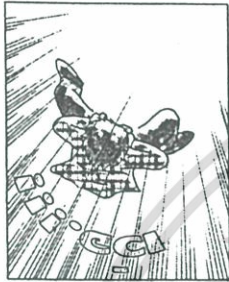
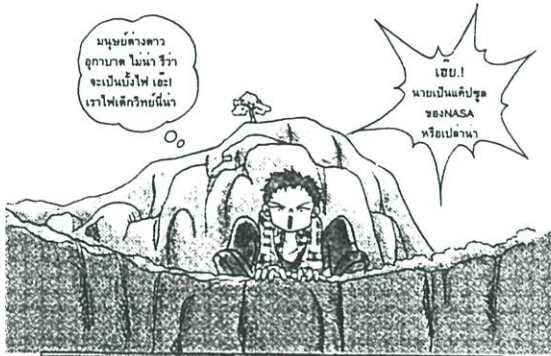


ว๊าว!!!

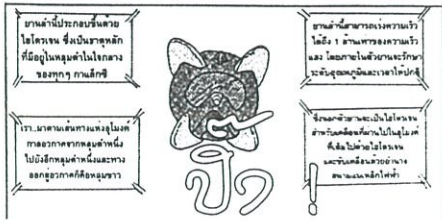
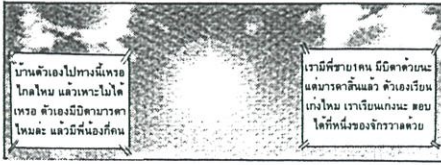
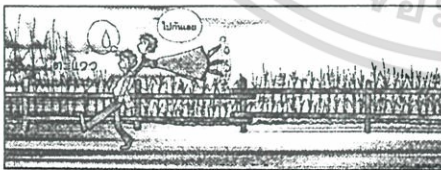
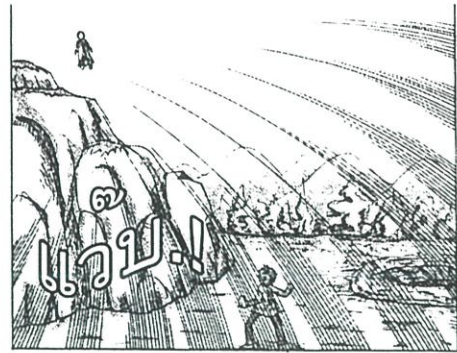
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



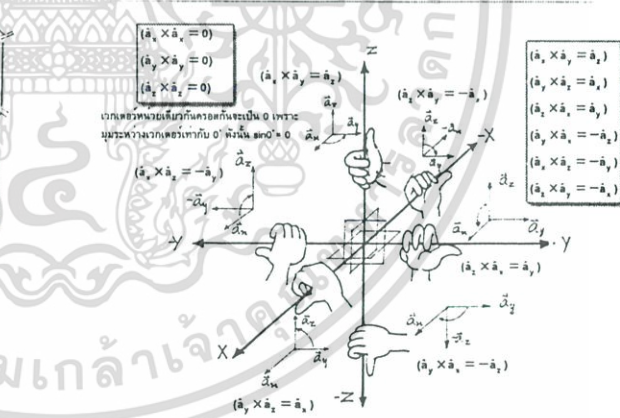
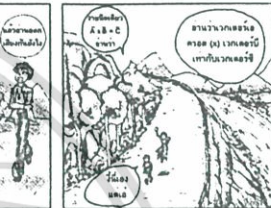
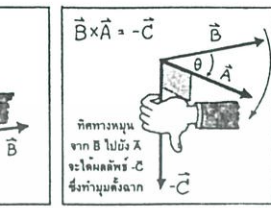
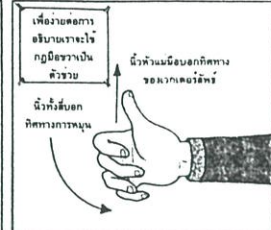
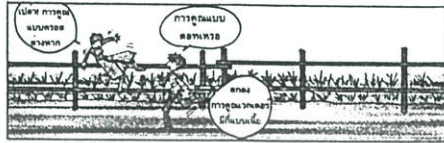
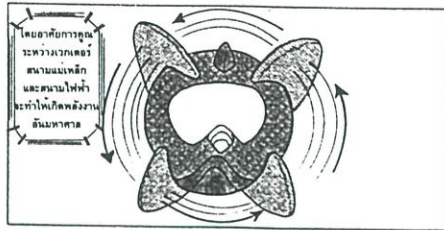
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



มีความหมายว่า $\vec{A} \times \vec{B}$ เท่ากับพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมูขนาดที่เล็กที่สุดของขนาดทั้งสองเวกเตอร์คูณกับมุมในระหว่างเวกเตอร์ทั้งสอง $|\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta$ เวกเตอร์สี่เหลี่ยมคางหมูของพื้นที่กับเวกเตอร์หน่วยที่มีทิศทางที่ตั้งฉากกับพื้นที่ $|\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta$



ถ้าใช้สมบัติการคูณก็เหมือนกัน
 $\vec{A} = A_1 \vec{a}_1 + A_2 \vec{a}_2 + A_3 \vec{a}_3$
 $\vec{B} = B_1 \vec{a}_1 + B_2 \vec{a}_2 + B_3 \vec{a}_3$
 $\vec{A} \times \vec{B} = (A_1 \vec{a}_1 + A_2 \vec{a}_2 + A_3 \vec{a}_3) \times (B_1 \vec{a}_1 + B_2 \vec{a}_2 + B_3 \vec{a}_3)$
 $\vec{A} \times \vec{B} = A_1 B_2 (\vec{a}_1 \times \vec{a}_2) + A_1 B_3 (\vec{a}_1 \times \vec{a}_3) + A_2 B_1 (\vec{a}_2 \times \vec{a}_1) + A_2 B_3 (\vec{a}_2 \times \vec{a}_3) + A_3 B_1 (\vec{a}_3 \times \vec{a}_1) + A_3 B_2 (\vec{a}_3 \times \vec{a}_2)$
 $\vec{A} \times \vec{B} = A_1 B_2 (\vec{a}_2) + A_1 B_3 (-\vec{a}_3) + A_2 B_1 (-\vec{a}_2) + A_2 B_3 (\vec{a}_3) + A_3 B_1 (\vec{a}_1) + A_3 B_2 (-\vec{a}_1)$
 $\vec{A} \times \vec{B} = (A_1 B_2 - A_1 B_3) \vec{a}_2 + (A_2 B_1 - A_2 B_3) \vec{a}_3 + (A_3 B_1 - A_3 B_2) \vec{a}_1$ สูตรที่กล่าวถึงไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถหาปริมาตรของปริมาตรขนาน (Parallelepiped) ด้วยผลคูณเชิงสเกลาร์สามตัว (Scalar Triple Product)

ปริมาตร = $|\mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \times \mathbf{c})|$

ถ้า $\mathbf{a} = a_1\mathbf{i} + a_2\mathbf{j} + a_3\mathbf{k}$
 $\mathbf{b} = b_1\mathbf{i} + b_2\mathbf{j} + b_3\mathbf{k}$
 $\mathbf{c} = c_1\mathbf{i} + c_2\mathbf{j} + c_3\mathbf{k}$

ผลคูณเชิงสเกลาร์สามตัว (Scalar Triple Product)
 $\mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \times \mathbf{c}) = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}$



ตัวอย่าง จงหาปริมาตรของกล่องรูปทรงขนานที่ประกอบด้วยเวกเตอร์ $\mathbf{a} = 2\mathbf{i} + 3\mathbf{j} - \mathbf{k}$, $\mathbf{b} = -2\mathbf{i} + 3\mathbf{j}$, $\mathbf{c} = 7\mathbf{j} - 4\mathbf{k}$

วิธีทำ จงหาว่า

ปริมาตร = $|\mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \times \mathbf{c})| = |\mathbf{b} \cdot (\mathbf{c} \times \mathbf{a})| = |\mathbf{c} \cdot (\mathbf{a} \times \mathbf{b})|$

$\mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \times \mathbf{c}) = \begin{vmatrix} 2 & 3 & -1 \\ -2 & 3 & 0 \\ 0 & 7 & -4 \end{vmatrix}$

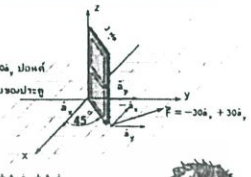
ปริมาตร = $|-23| = 23$ หน่วยปริมาตร **จบ**



ถ้าเราเปิดประตูเข้าไปโดยยกคันโยก มีประตูที่รับแรง
 แรงโมเมนต์ (Horizontal Force) ขนาด $F = -30\mathbf{i} + 30\mathbf{j}$ ปอนด์
 กระทำที่จุดประตูด้าน (Torque) ของนอร์มัลกับแกนประตู
 จะมีความเท่าใด

วิธีทำ ตั้งจุดหมุน $P = -30\mathbf{i} + 30\mathbf{j}$
 ประตูเปิดที่มุม 45° กับแกน
 ดังนั้นเวกเตอร์โมเมนต์ (Arm Vector) มีความยาว $\mathbf{r} = A_x\mathbf{i} + A_y\mathbf{j} + A_z\mathbf{k}$

เมื่อ $A_x = 3\sqrt{2} \cos 45^\circ = \frac{3\sqrt{2}}{2}$ ฟุต
 $A_y = 3\sqrt{2} \sin 45^\circ = \frac{3\sqrt{2}}{2}$ ฟุต
 $A_z = 3\sqrt{2} \cos 90^\circ = 0$

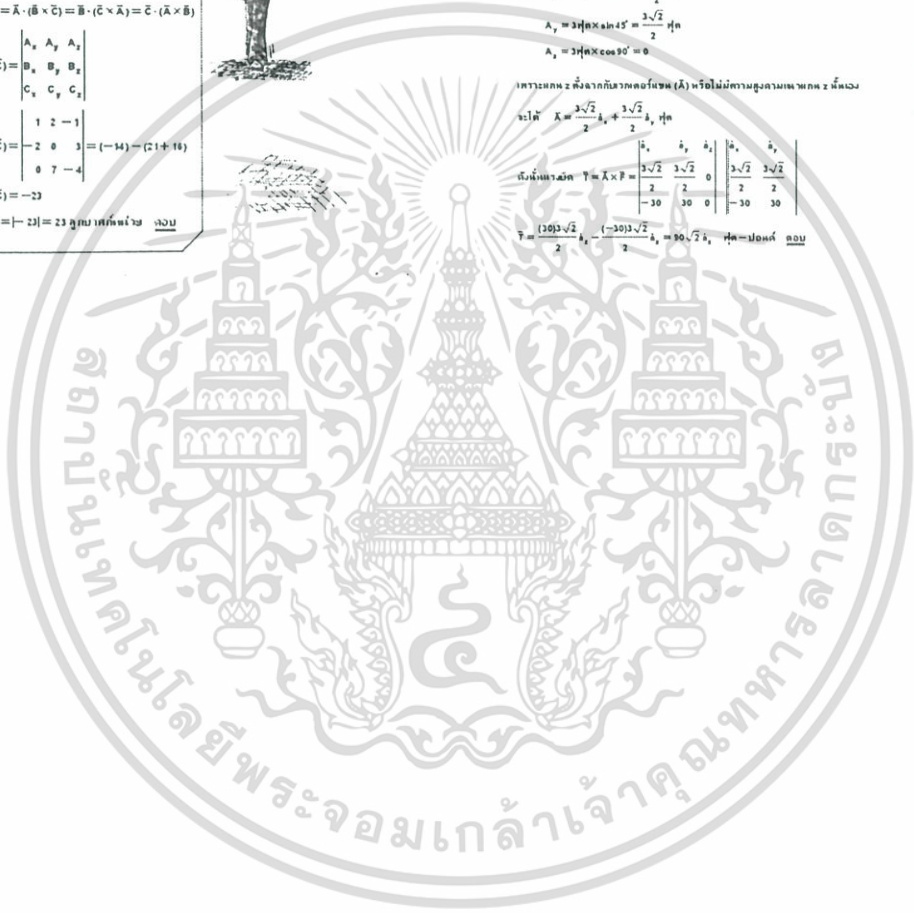


เวกเตอร์ \mathbf{z} ตั้งฉากกับเวกเตอร์โมเมนต์ (\mathbf{r}) หรือไม่ทราบขนาดเฉพาะ \mathbf{z} นั้นแล้ว

จะได้ $\mathbf{z} = \frac{3\sqrt{2}}{2}\mathbf{i} + \frac{3\sqrt{2}}{2}\mathbf{j}$ ฟุต

ดังนั้นเวกเตอร์ $\mathbf{T} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = \begin{vmatrix} \frac{3\sqrt{2}}{2} & \frac{3\sqrt{2}}{2} & 0 \\ -30 & 30 & 0 \end{vmatrix}$

$\mathbf{T} = \frac{(30)(3\sqrt{2})}{2}\mathbf{i} - \frac{(-30)(3\sqrt{2})}{2}\mathbf{j} = 90\sqrt{2}\mathbf{i} + 90\sqrt{2}\mathbf{j}$ ฟุต-ปอนด์ **จบ**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารวิชาเอกแม่เหล็ก

ตอนที่ 5 คิดถึงแม่ครับ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติแทนประสมทรงแบบต่าง ๆ

1.3.1 อธิบายระบบเวกเตอร์สามมิติแทนประสมทรงสี่เหลี่ยม



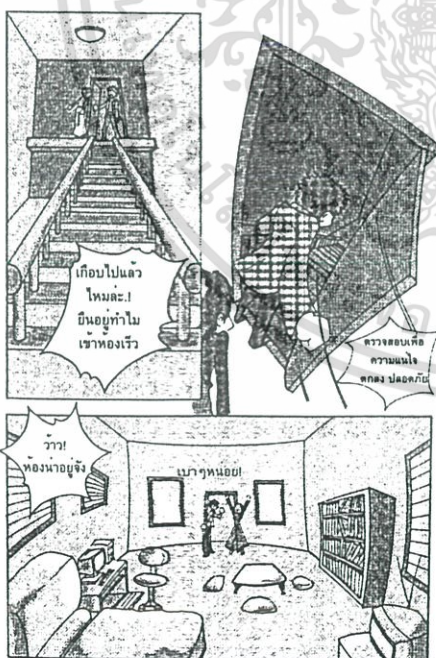
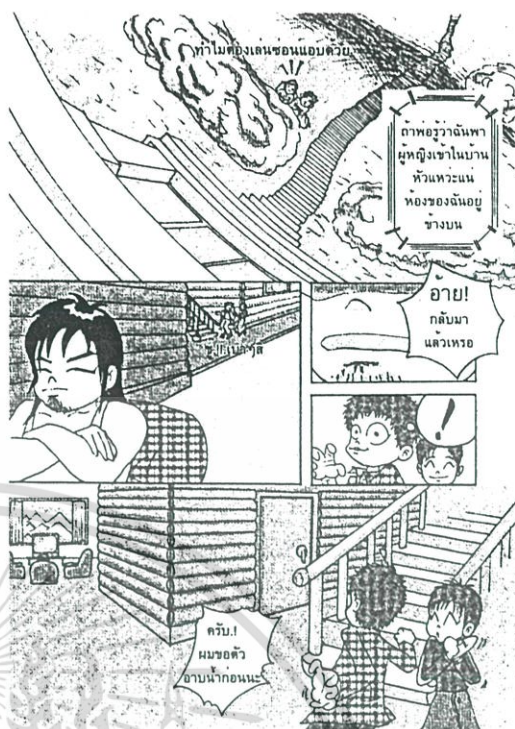
สมมติแม่คือไฟฟ้า
ELECTROMAGNETICS

EDUCATION COMIC

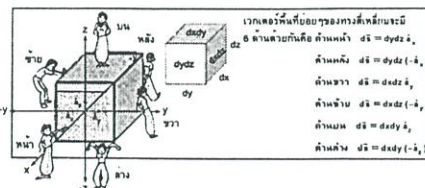
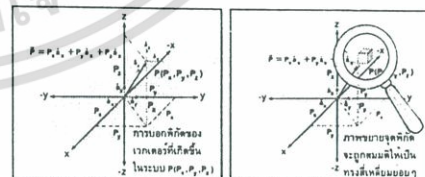
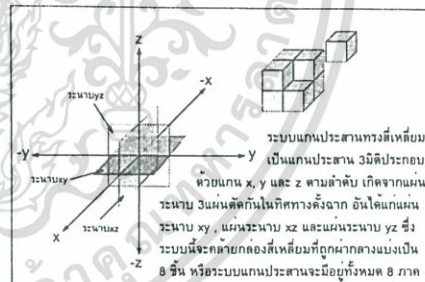
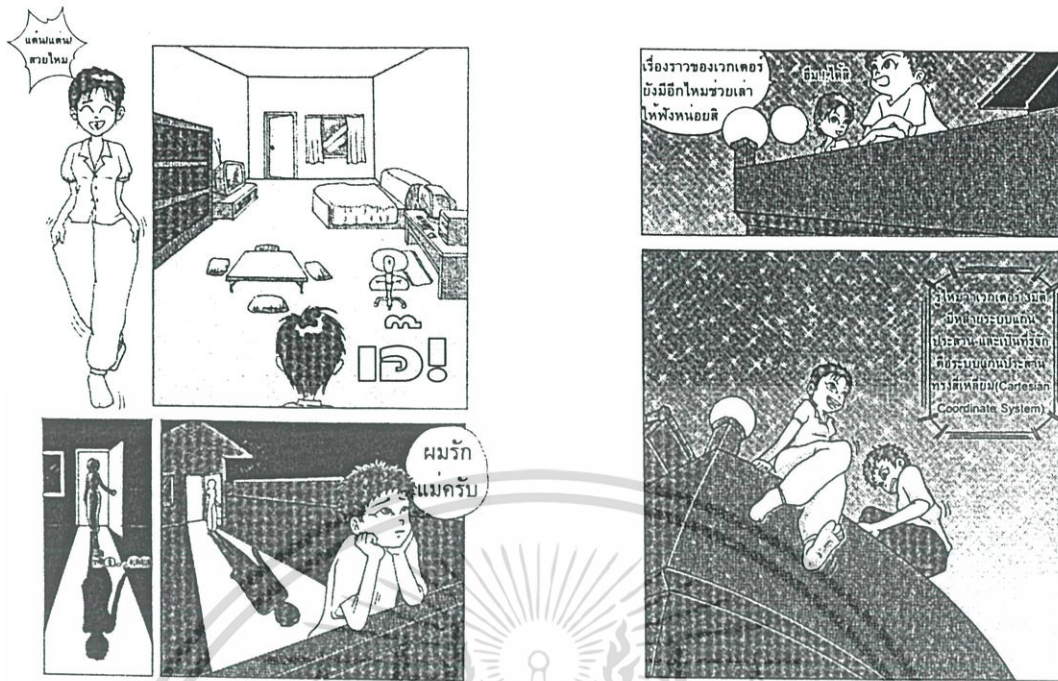
Electromagnetics copyright 2005
by Ruychai Yatongchai. All rights reserved.
First published in SKC_AMUTI & KMUTL thesis in 2005.

Coordinate Systems for 3D Vector Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



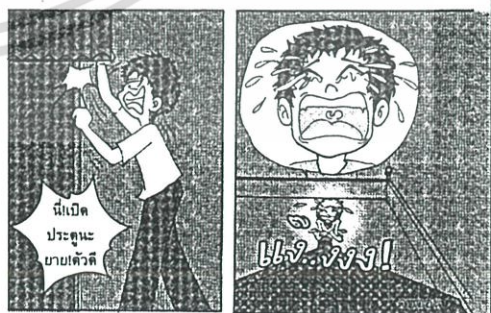
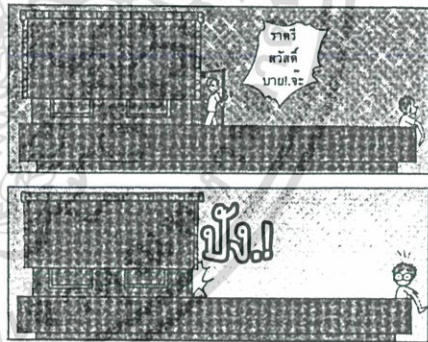
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

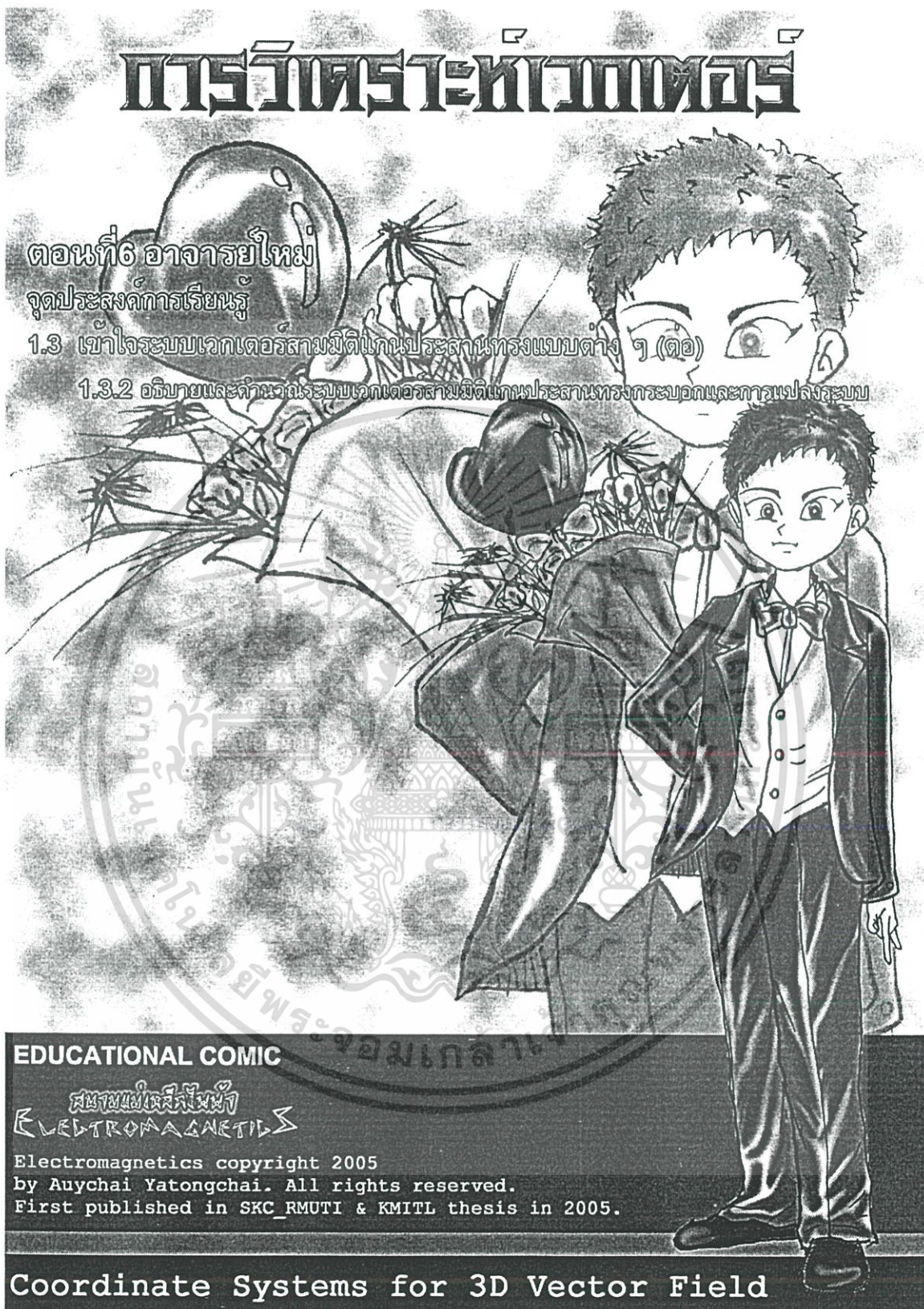
การ์ตูนวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 6 อาจารย์ใหม่

จุดประสงค์การเรียนรู้

1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติในกรณีทรงกลมแบบต่าง ๆ (ต่อ)

1.3.2 อธิบายและคำนวณหาปริมาณเวกเตอร์สามมิติในกรณีทรงกลมและการแปลงระบบ



EDUCATIONAL COMIC

สมชายยศสิทธิ์
ELECTROMAGNETICS

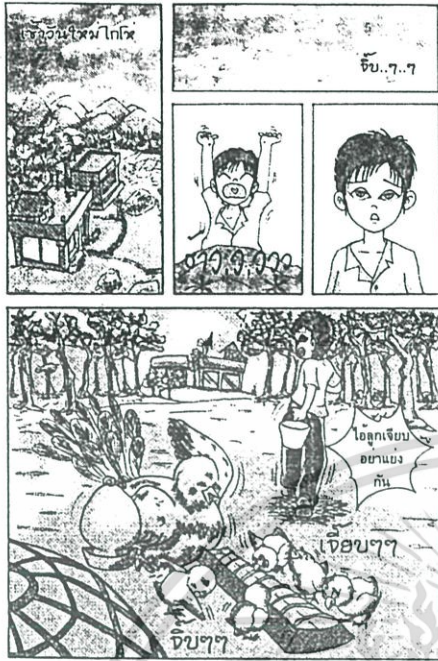
Electromagnetics copyright 2005

by Auychai Yatongchai. All rights reserved.

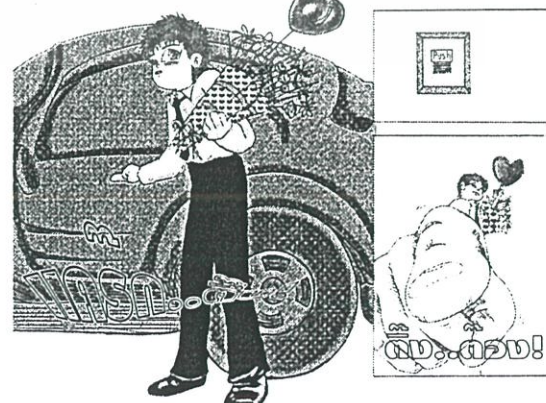
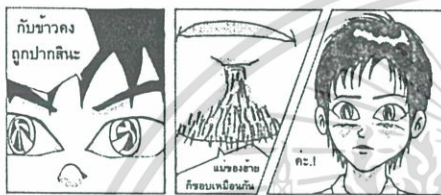
First published in SKC_RMUTI & KMUTL thesis in 2005.

Coordinate Systems for 3D Vector Field

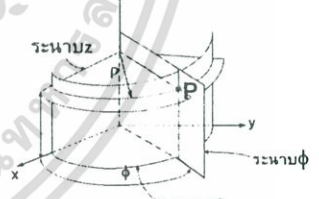
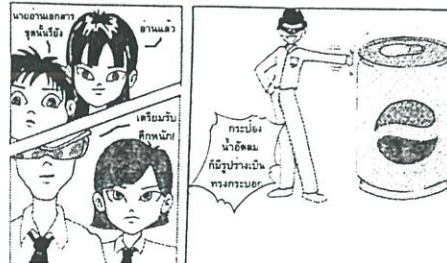
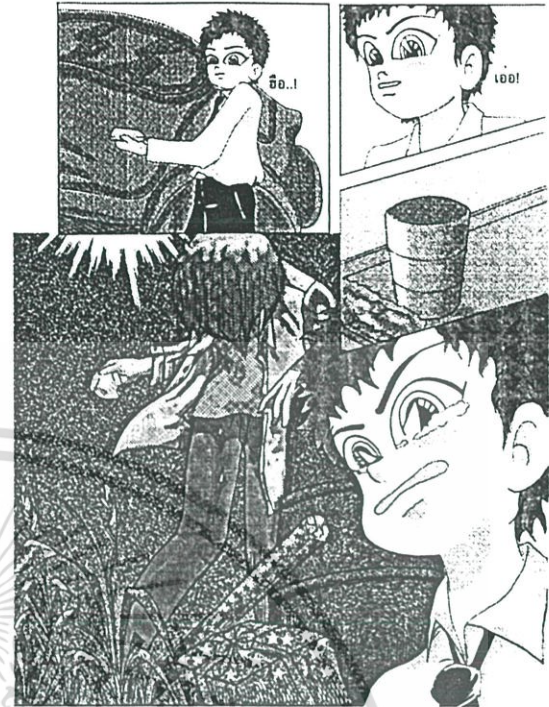
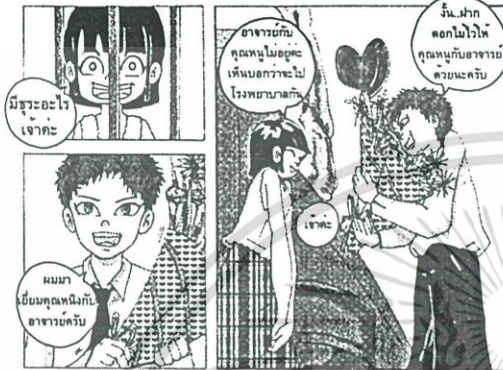
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



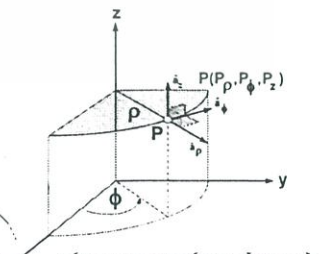
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แกนระนาบสามทรงกระบอก (Cylindrical Coordinate System) เกิดจากแนวระนาบ 3 แนวตั้งกันคือระนาบ P ระนาบ ϕ และระนาบ z แล้วจุดตัดที่เกิดคือคิคือคิที่คิคิในแกนระนาบทรงกระบอกเราจะเรียกชื่อมันว่าจุด $P(\rho, \phi, z)$



องค์ประกอบของพิกัดทรงกระบอกจะประกอบด้วยรัศมี ρ (ρ, ϕ) จะมีความยาวจากแกน xy จากแกน z ไปถึงผิวทรงกระบอกมุมโพ (Pn, ϕ) คือมุมที่เกินรัศมีบนระนาบ xy เป็นจากแกน x ไปยังแกน y ความสูง z คือความยาวที่วัดจากแกน xy สูงขึ้นไปตามแนวแกน z เหมือนแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม

เวกเตอร์หน่วย $\hat{\rho}$ คือเวกเตอร์หน่วยออกทิศทางตามรัศมี ρ
 เวกเตอร์หน่วย $\hat{\phi}$ คือเวกเตอร์หน่วยออกทิศทางตามการเป็นมุม ϕ
 เวกเตอร์หน่วย \hat{z} คือเวกเตอร์หน่วยออกทิศทางตามแนวแกน z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

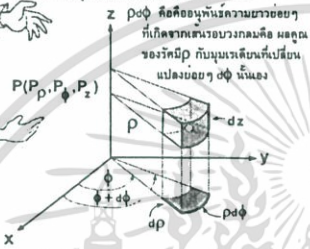
อาจารย์ลักษณะ มุมโพ้(ρ)ดูจากที่อาจารย์พูดมา มุมโพ้ สามารถเปิดมุมจากแกน x ไปยังแกน y เริ่มจาก 0° ถึง 360° หรือมุมเรเดียน 0 ถึง 2π เรเดียน ได้เลยสิครับ



แล้วประโยชน์ของมันเอาไว้ทำอะไรครับ

ที่เชือกตุ้มและตุ้มแล้ว ส่วนประโยชน์ของระบบนี้เอาไว้ใช้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หรือพฤติกรรมบางอย่างทางด้านศิลปะ แก้ไขด้วยแกนประสานทรงสี่เหลี่ยม โดยยาก เช่น ความรุนแรงสนามไฟฟ้าที่พุ่งออกจากขั้วและคลื่นนำซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอก หรือช่วยหาปริมาตรที่เป็นทรงกระบอกโลจวอร์ชัน

ตั้งกว่าถ้าเราขยายจุดที่คิดให้เป็นปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมผิวทรงกระบอกจะเกิดความยาวอยู่ๆ คือ $d\rho$ คืออนุพันธ์ความยาวอยู่ๆ รัศมี ρ $d\phi$ คืออนุพันธ์ความยาวอยู่ๆ ตามแนวแกน z



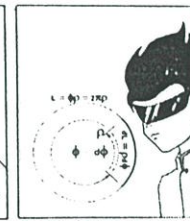
เอ้า มาดูกันต่อ

$P(\rho, \phi, z)$

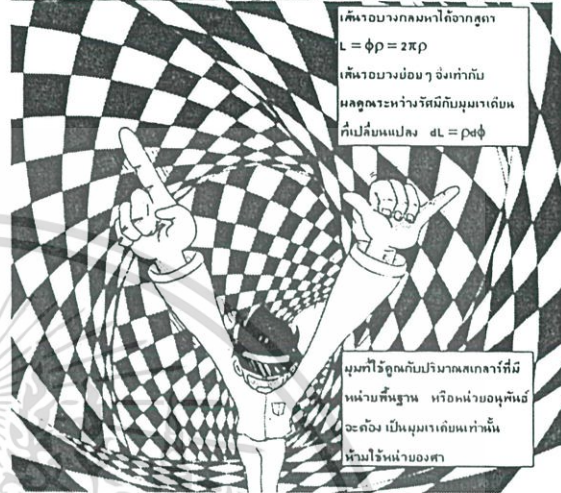
z $\rho d\phi$ คือคืออนุพันธ์ความยาวอยู่ๆ ที่เกิดจากเส้นรอบวงกลมคือ หอคูณของรัศมี ρ กับมุมเรเดียนที่เปลี่ยนแปลงอยู่ๆ $d\phi$ นั่นเอง



อาจารย์ช่วยอธิบายเพิ่มเติม $\rho d\phi$ อีกทีครับ



เส้นรอบวงกลมหาได้จากสูตร $L = \phi \rho = 2\pi \rho$ เส้นรอบวงอยู่ๆ จึงเท่ากับ ผลคูณระหว่างรัศมีกับมุมเรเดียนที่เปลี่ยนแปลง $dL = \rho d\phi$



มุมที่วัดกับปริมาณสเกลาร์ที่มีหน่วยพื้นฐาน หรือนำอนุพันธ์จะตั้ง เป็นมุมเรเดียนเท่านั้น ห้ามใช้หน่วยองศา

วิธีหาพื้นที่ของปริมาตรคือ ปริมาตร = พื้นฐาน \times สูง = กว้าง \times ยาว \times สูง $dV = \rho \rho d\phi dz$ หากพื้นที่ทั้งหมดโดยการใช้ปริมาตร $V = \int_0^{\rho_2} \int_0^{\phi_2} \int_0^z \rho \rho d\phi dz$

เมื่อพอยต์ในขั้วพิกัดคือ $\vec{a} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y} + A_z \hat{z}$ อนุพันธ์ของเวกเตอร์ในขั้วพิกัดคือ $\vec{a}_\rho = \hat{x} \cos \phi - \hat{y} \sin \phi$ $\vec{a}_\phi = \hat{x} \sin \phi + \hat{y} \cos \phi$ $\vec{a}_z = \hat{z}$ หากเราหาพื้นที่หน้าตัดในระนาบ xy $\vec{C} = \int_0^{\rho_2} \int_0^{\phi_2} \rho \rho d\phi dz + \int_0^{\rho_2} \int_0^{\phi_2} \rho \rho d\phi dz$

อนุพันธ์เชิงเวกเตอร์ที่เปลี่ยนจากค่ามากเท่าไร $d\vec{s}_\rho = \rho d\phi \hat{x} - \hat{y}$ $d\vec{s}_\phi = \rho dz \hat{z}$ $d\vec{s}_z = \rho d\rho \hat{\rho}$

แปลงใช้พิกัดทรงกลมได้โดยง่ายกับพิกัดขั้วพิกัด $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ ดังนั้น $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ $\phi = \tan^{-1}(\frac{y}{x})$ และทั้งสองระบบ $z = z$ $P(x, y, z) = P(\rho, \phi, z)$

ยังมีการคูณแบบครอสด้วยนะ $\vec{a}_\rho \times \vec{a}_\phi = \hat{z}$ $\vec{a}_\phi \times \vec{a}_z = \hat{\rho}$ $\vec{a}_z \times \vec{a}_\rho = \hat{\phi}$

ถ้าหากเราคูณแบบครอสให้ทิศทางตรงกันข้ามผลลัพธ์จะมีทิศทางเป็นลบ ข้อควรจำ หมุนทวนเข็มนาฬิกาเป็น(+) หมุนตามเข็มนาฬิกาเป็น(-)

เวกเตอร์หน่วยมีทิศทางเหมือนกับระบบแกนประสานกันคือ $\vec{a}_\rho = \frac{\vec{a}_x \cos \phi + \vec{a}_y \sin \phi}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}$ เมื่อขนาด $|\vec{a}_\rho| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$

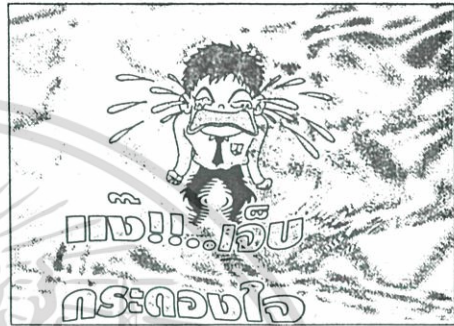
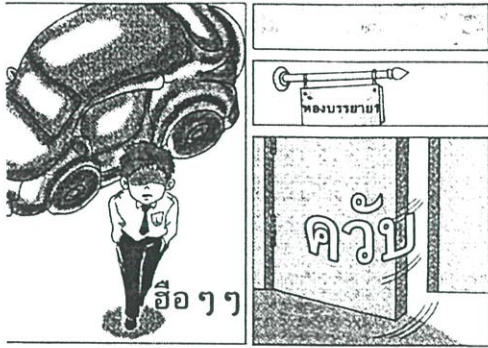
โอ้! ฟ้า!

สมอผมจะระเบิดอยู่แล้ว

โอ้! จาก!

ความคูณแบบครอสจะมีวิธีการแบบระบบแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอาสี่ก่องจะไปหิวหรือเนี่ยเราลองมาเปลี่ยนก็กกัน

หัวข้อ: จะเปลี่ยนพิกัด $P(3, -4)$ ไปอยู่ในพิกัด $P(x, y, z)$

วิธีทำ: $\rho = 3, \phi = \frac{\pi}{4}, z = 4$ จากสูตร

$$x = \rho \cos \phi = 3 \cos \frac{\pi}{4} = 2.121$$

$$y = \rho \sin \phi = 3 \sin \frac{\pi}{4} = 2.121$$

$$z = 4$$

ตอบ: $P(2.121, 2.121, 4)$

เป็นไงง่ายไหม

มีหลักการอย่างง่าย ๆ คือการใช้ผลคูณเชิงเวกเตอร์ (Dot Product) ระหว่างเวกเตอร์หน่วยของอีกระบบหนึ่ง ซึ่งมีวิธีการพิจารณาดังต่อไปนี้

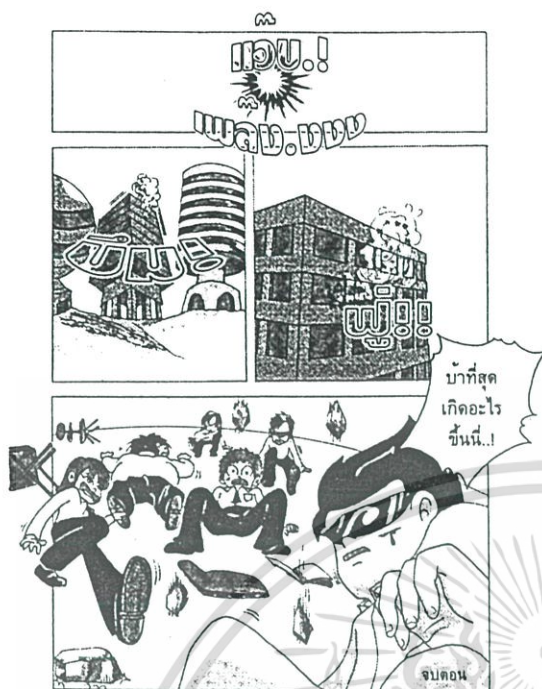
สุดท้ายเลยครับ ผมพอจะมองออกแล้ว

ภาพเปรียบเทียบระหว่างเวกเตอร์หน่วยทั้งสองระบบ

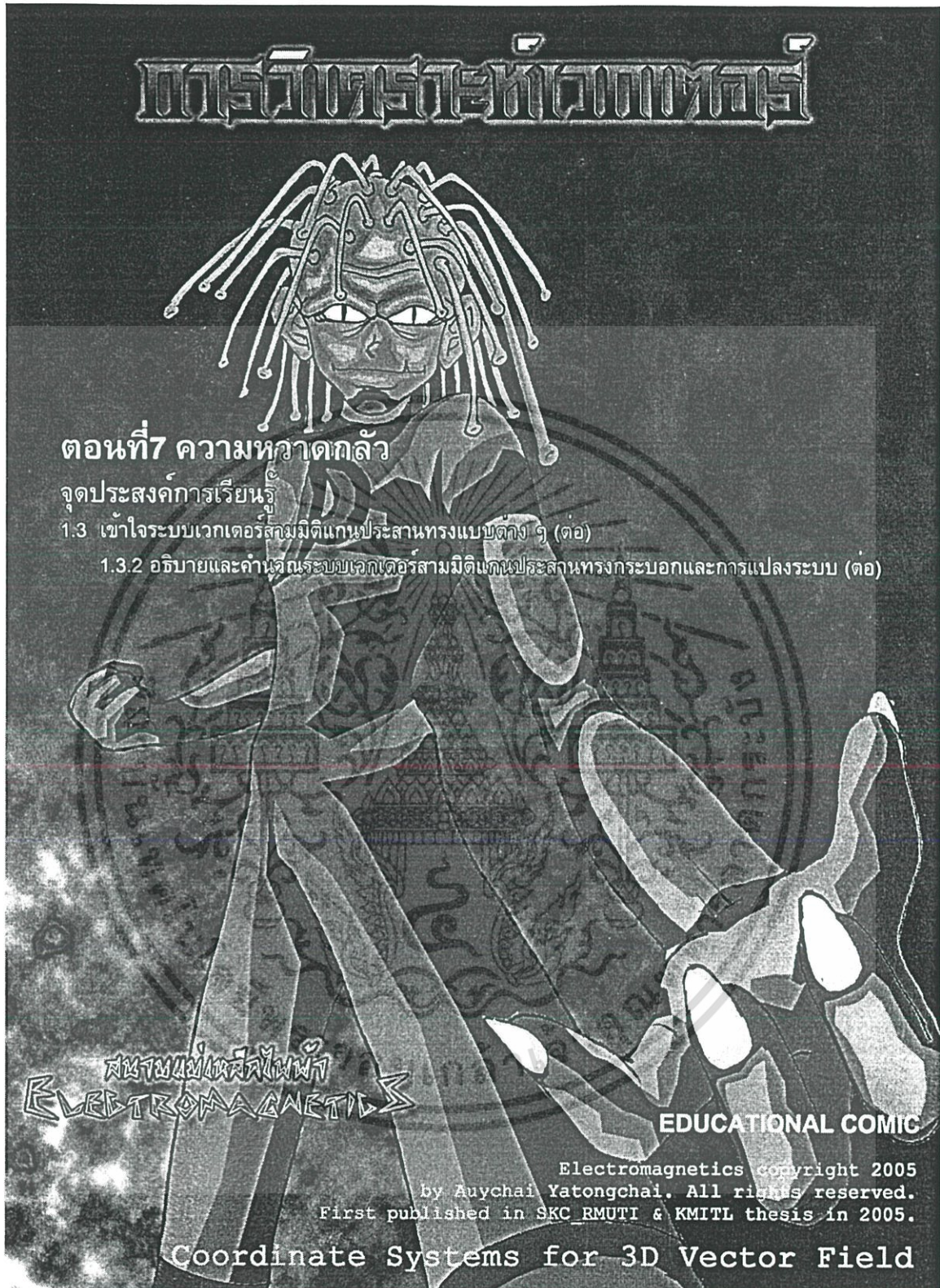
ภาพ 3 มิติการวางทับของแกนเวกเตอร์หน่วยทั้งสองระบบ

ภาพมุมมองบนที่ชี้แกน z ร่วมกันโดยแกน z พุ่งออกกระดาษ

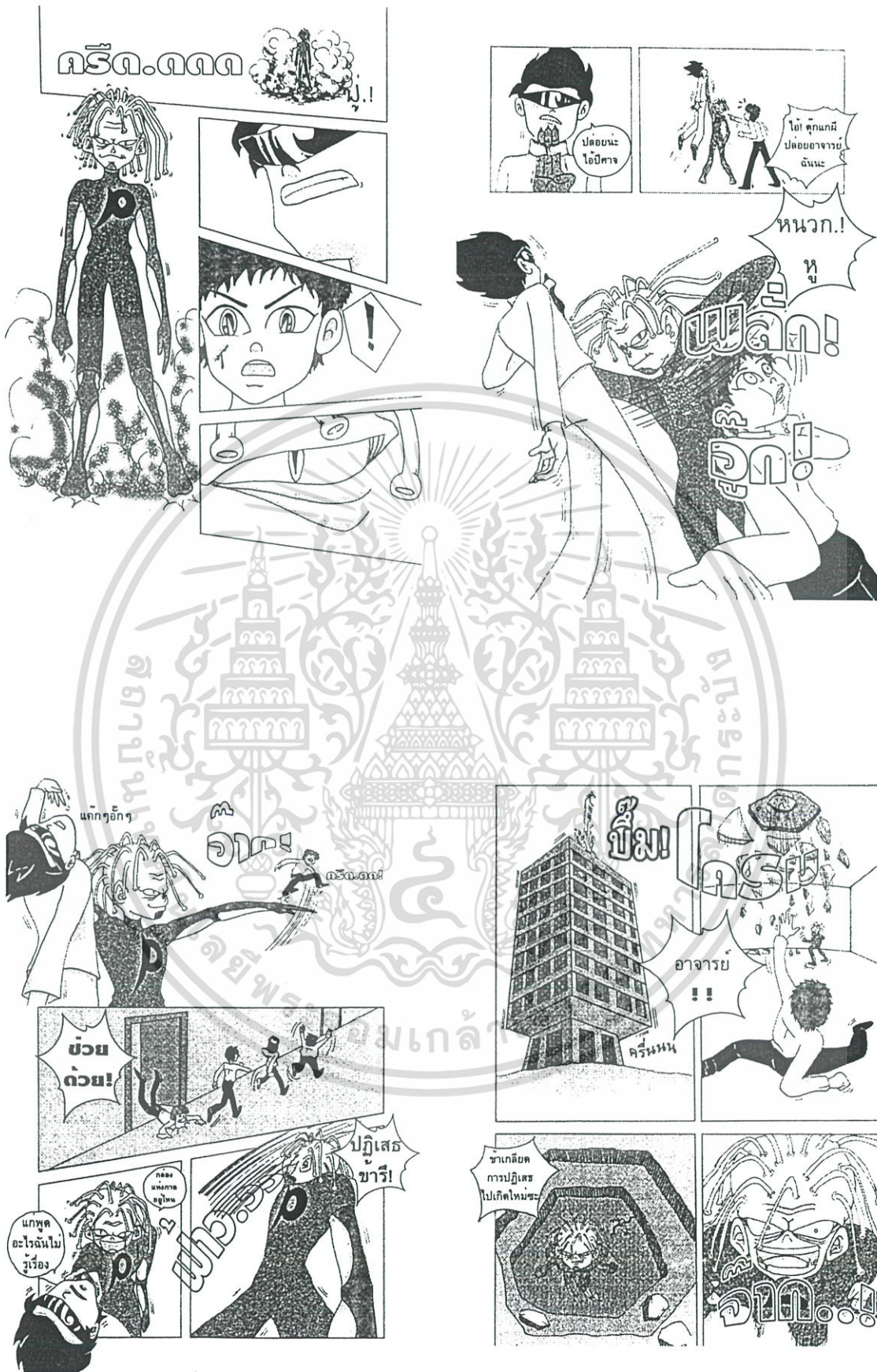
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



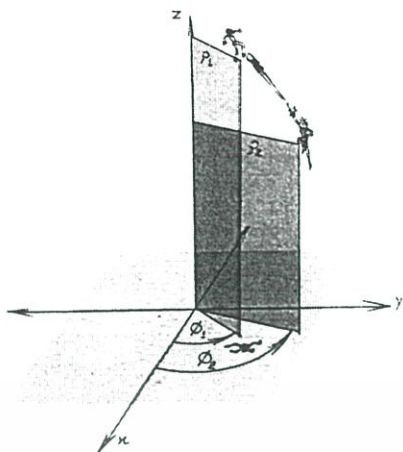
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



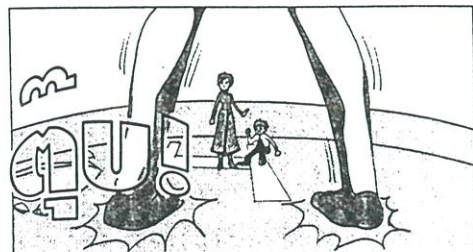
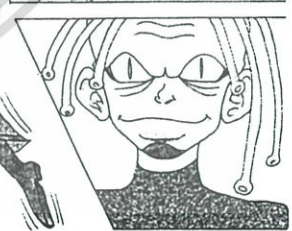
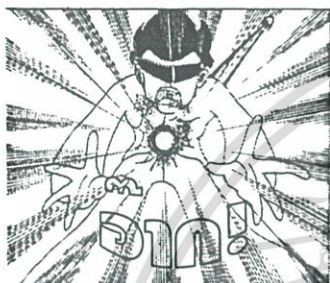
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



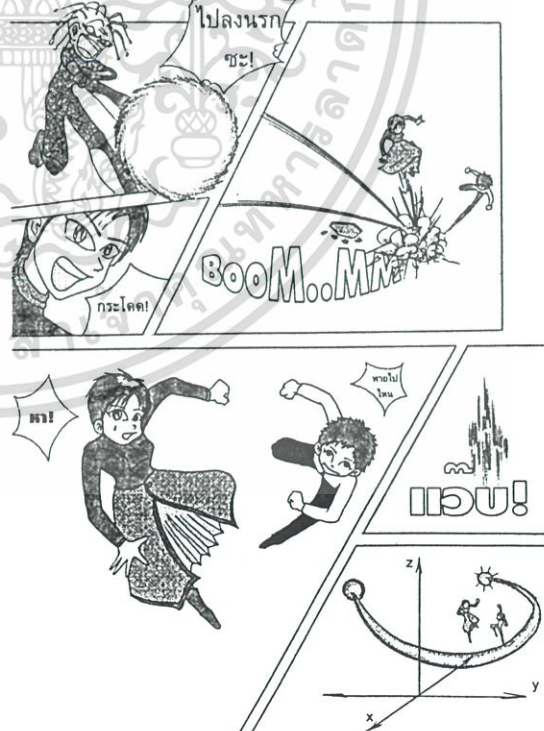
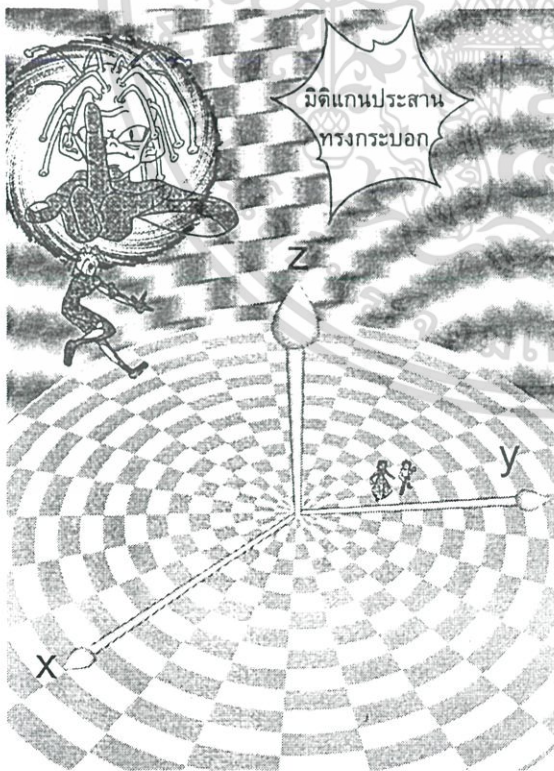
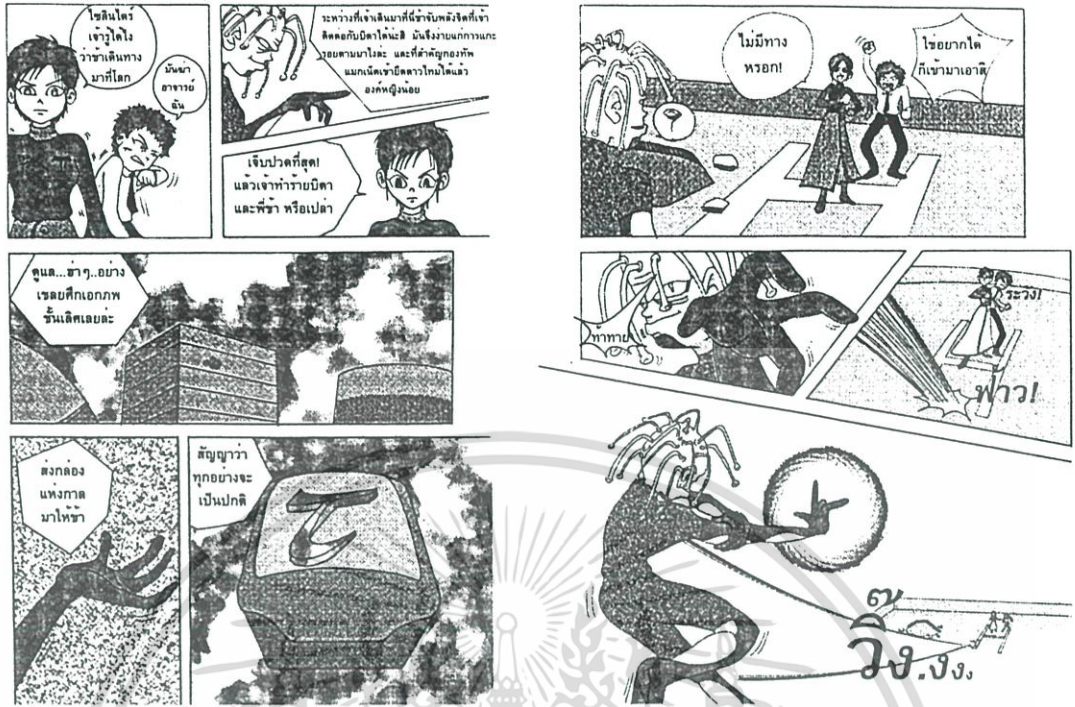
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



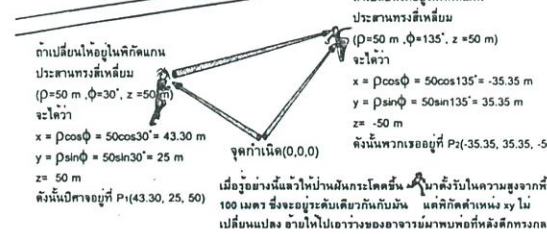
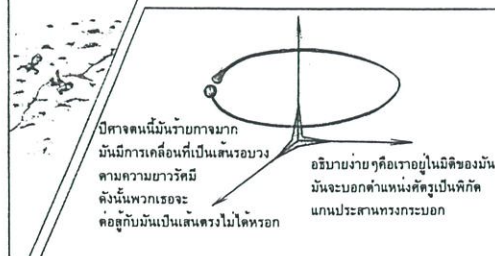
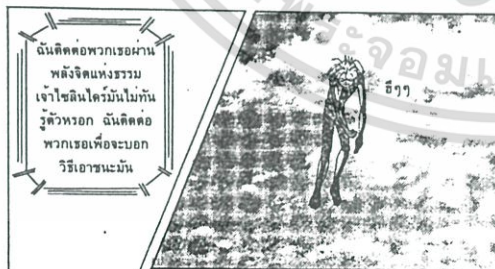
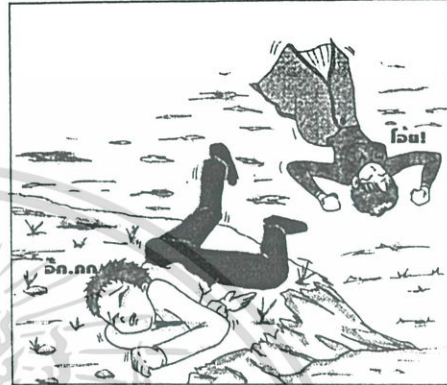
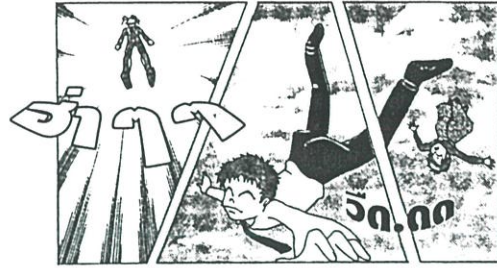
ช่าง..เป็นเผ่าพันธุ์ที่อ่อนแอเหลือเกิน
พลัง ความเร็ว ศิลปะการต่อสู้เป็นศูนย์
เสียดายพลังที่ไข่ก่าจัดเสียจริง
แล้วพวกมันเก็บกล่องแห่งกาลไว
หนใดกันเล่า หรือเราต้องหาคำตอบ
จากพวกมันทีละคน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ถ้าเปลี่ยนให้อยู่ในทิกตักนประสานทรงสี่เหลี่ยม (P=50 m, φ=135°, z=-50 m) จะได้ว่า $x = P\cos\phi = 50\cos135^\circ = -35.35$ m $y = P\sin\phi = 50\sin135^\circ = 35.35$ m $z = -50$ m ดังนั้นพวกเธออยู่ที่ P₂(-35.35, 35.35, -50)

เมื่อรู้อย่างนี้แล้วให้บ้านมันกระโดดขึ้น 100 เมตร ซึ่งจะอยู่ระดับเดียวกับกับมัน แต่คิดค่าแห่ง xy ไม่เปลี่ยนแปลง ฉายไปเอาช่วงอาคารมาพบพอดีหลังตึกทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อบ้านมีกระโถนซึ่งในระดับเดียวกับกับ
โซลินโคตรแล้วระยะห่างในระดับเดียวกับ
จะเป็นเวกเตอร์ตั้งตรงความยาว $P_2 - P_1$ เมตร
 $\vec{P} = P_2 - P_1 = (35.35, 35.35, 50) - P_1(43.30, 25, 50)$
เท่ากับ $P(-7.85, 10.35, 0)$ เขียนเป็น
เวกเตอร์ได้ดังนี้ $\vec{P} = -7.85\hat{i} + 10.35\hat{j}$
จะเห็นว่ากระโถนมีความสูงมากกว่าของซึ่ง
จะทำให้หน่วยการวัดของมุมนั้น
และระยะทางของมันกับกระโถนมีขนาด
ความยาว $P = \sqrt{(-7.85)^2 + (10.35)^2}$
หรือ เท่ากับ 79.32 เมตร


โซลินโคตรมันเคลื่อนที่เป็นเส้น
รอบวงซึ่งซึ่งเป็นระยะทางที่ยาว
กว่าทางตรงแน่นอน
สาเหตุนี้แหละที่บ้านมัน
พอจะตกลงกับมันได้

แล้วบ้านมัน
มีความเร็ว
เท่าไร
100 เมตรต่อ
วินาทีละ



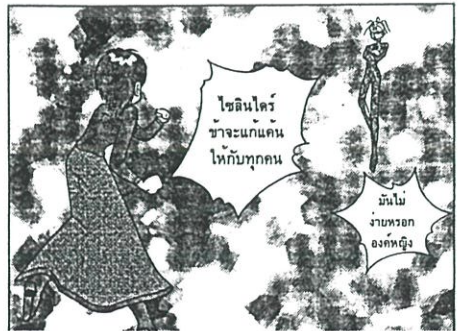
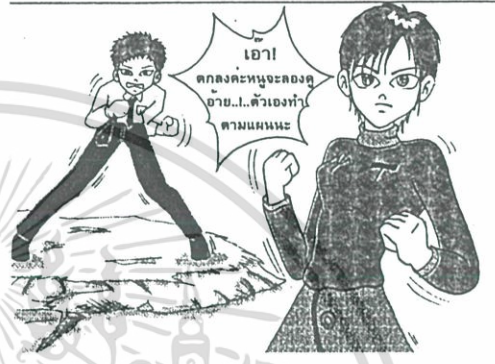

มากพอที่จะหลบการโจมตีของมันได้ เพราะมันเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 200 เมตรต่อวินาที แต่รั้วกระโถนที่ติดอยู่กับกระโถนหันขึ้นในทิศทาง z และช่วงตัวเท่านั้นเอง จากนั้นก็จะได้ออกมาของเราเข้าโจมตี

แต่ถ้าบ้านมีมุมไม่มันจะมีขนาด $F = 10000\rho\hat{p} + \dot{\phi}\hat{z}$ ถ้าขนาดของมุมจะวัดจากที่ตัวคือ
ที่ตำแหน่ง $P(-7.85, 10.35, 0)$ เมื่ออ้างอิงกับทิศทาง z ด้วยขนาดของรั้วบ้านมันได้ว่า
เวกเตอร์บ้านมันประกอบเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก เรียงกันทิศทาง
 $F = F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k}$

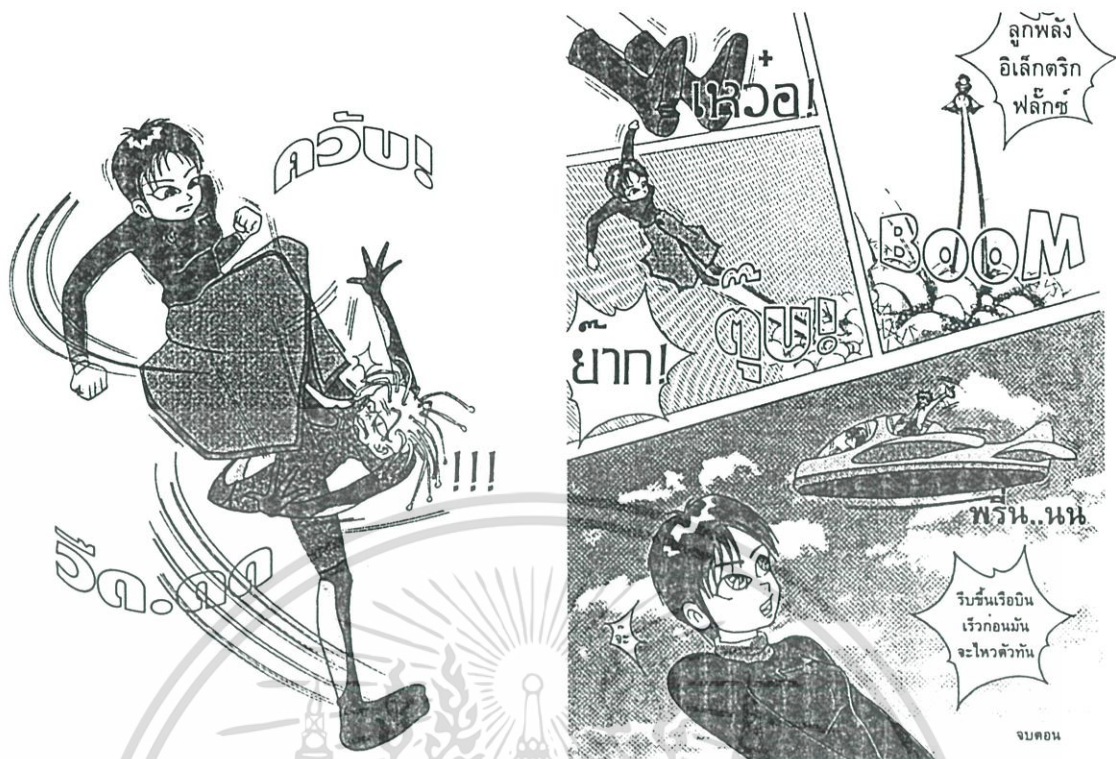


เราสามารถใช้ F_x, F_y, F_z จากพิกัดของบ้านมันประกอบเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก
ได้ดังนี้ $F_x = F_{\rho}\hat{i} = (10000\rho\hat{p} + \dot{\phi}\hat{z})\cdot\hat{i} = 10000\rho\cos\phi + \dot{\phi}(-\sin\phi)$
 $F_y = F_{\rho}\hat{j} = (10000\rho\hat{p} + \dot{\phi}\hat{z})\cdot\hat{j} = 10000\rho\sin\phi + \dot{\phi}\cos\phi$
 $F_z = F_{\rho}\hat{k} = (10000\rho\hat{p} + \dot{\phi}\hat{z})\cdot\hat{k} = 0 + 0 = 0$

เมื่อ $\rho = \sqrt{(-7.85)^2 + 10.35^2 + 0^2} = 79.32$
 $\phi = \tan^{-1} \frac{10.35}{-7.85} = -7.50^\circ = \frac{\pi}{180}(-7.50) = -\frac{22}{7(180)}(-7.50) = -0.131$ ไรเดียน
แทนค่าลงในสมการ F_x และ F_y จะได้
 $F_x = 10000(79.32)\cos(-7.50^\circ) + (-0.131)(-7.85) = 786414.05$
 $F_y = 10000(79.32)\sin(-7.50^\circ) + (-0.131)(10.35) = -103533.51$
จะได้ค่าของแรง $F = 786414.05\hat{i} - 103533.51\hat{j} + 0\hat{k}$ วัตตัน
ขนาดของแรงที่พุ่งเข้าหาบ้านมัน $|F| = \sqrt{786414.05^2 + (-103533.51)^2} = 793200$ วัตตัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

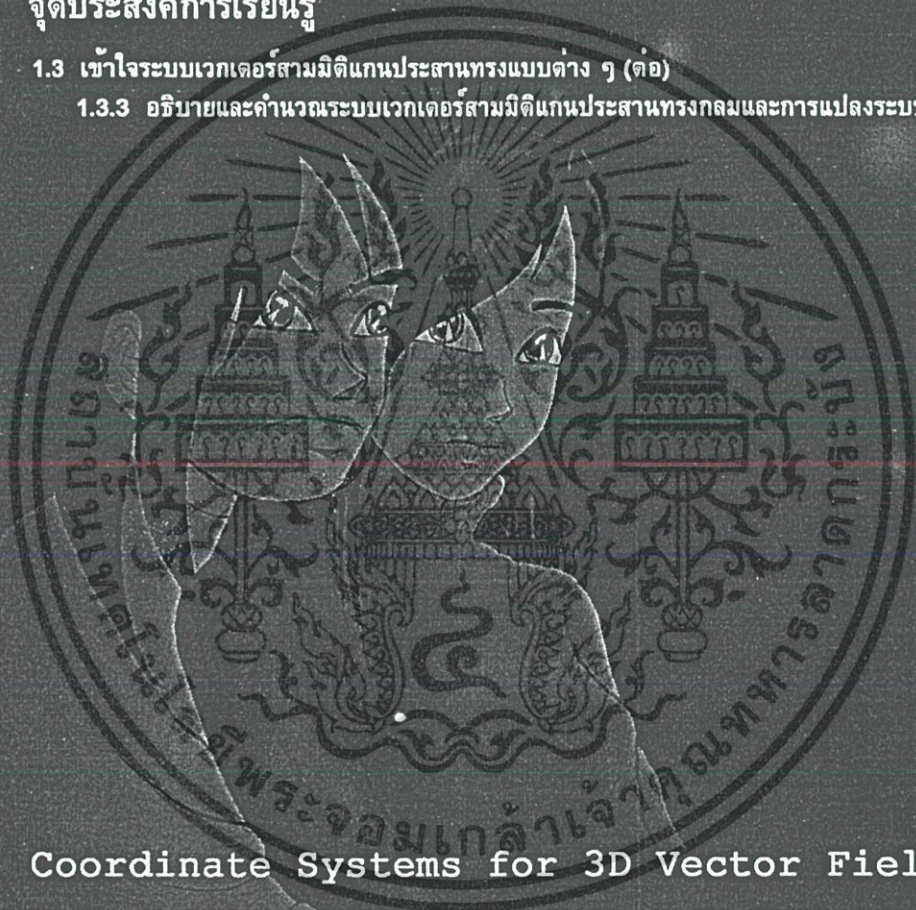
ตำราแม่เหล็กไฟฟ้า

ตอนที่ 8 ความหลัง

สนามแม่เหล็กไฟฟ้า
ELECTROMAGNETICS

จุดประสงค์การเรียนรู้

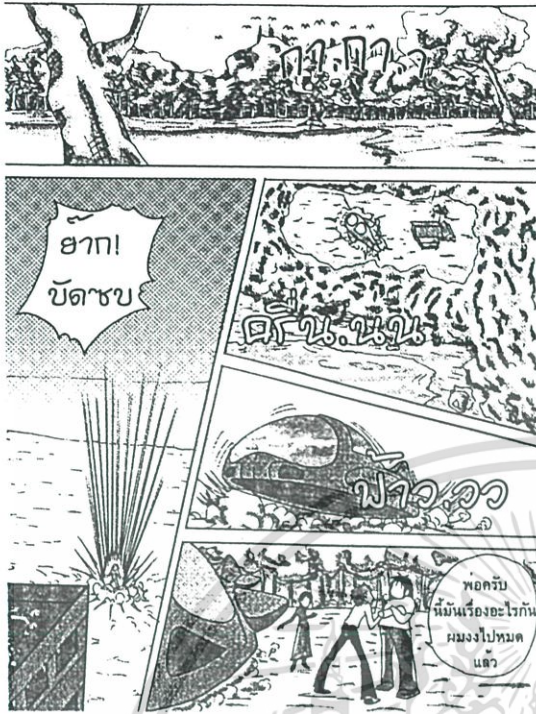
- 1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติแทนประสานทรงแบบต่าง ๆ (ต่อ)
- 1.3.3 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแทนประสานทรงกลมและการแปลงระบบ



Coordinate Systems for 3D Vector Field
EDUCATIONAL COMIC

Electromagnetics copyright 2005
by Auychai Yatongchai. All rights reserved.
First published in SKC_RMUTI & KMITL thesis in 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อ 20 ปีที่แล้ว... (Text describing a past event involving a boat and a character named 'ฟลาวูว')

เราขอพร จากกล่องแห่งกาลเอกภพทุก 3 ปี ทุกคนเพียงแต่รอวันเกิด... (Text about wishes and time)

ฟลาวูว... (Text about the character's return and the passage of time)



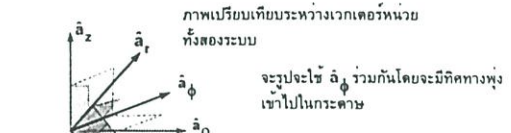
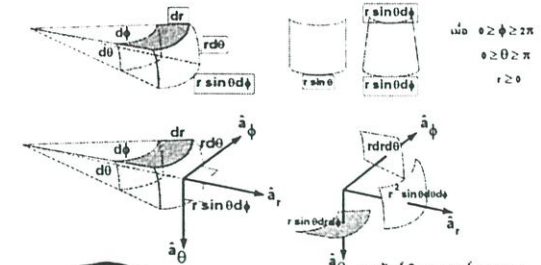
ระบบแกนประสานทรงกลมและระนาบพิกัด... (Text explaining the spherical coordinate system and coordinate planes)

พิกัดจุด P เมื่อทราบให้อินเชิงปริมาตรจะได้อัตราการกระจาย... (Text about volume elements and distribution rates)

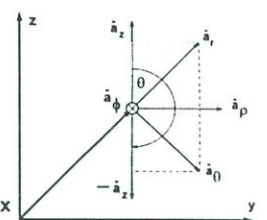
$r \sin \theta dr d\theta d\phi$, dr , $d\theta$, $d\phi$

มุมชี้ตัว (θ) จะเปิดจากแกน z มาหาที่ระนาบ xy เป็นมุม 0 ถึง π เรเดียน เมื่อ 1 เรเดียน เท่ากับ 57.295 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	\hat{a}_ρ	\hat{a}_ϕ	\hat{a}_z
\hat{a}_r	$\sin \theta$	0	$\cos \theta$
\hat{a}_θ	$\cos \theta$	0	$-\sin \theta$
\hat{a}_ϕ	0	1	0



อนุพันธ์เชิงเวกเตอร์ความยาว
 $d\vec{L} = dr\hat{a}_r + r d\theta\hat{a}_\theta + r \sin\theta d\phi\hat{a}_\phi$

อินทิเกรตเชิงเวกเตอร์ความยาว
 $\vec{L} = \int_0^r dr\hat{a}_r + \int_0^\theta r d\theta\hat{a}_\theta + \int_0^\phi r \sin\theta d\phi\hat{a}_\phi$

อนุพันธ์เชิงปริมาตร
 $dv = r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi$

อินทิเกรตเชิงปริมาตร
 $v = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \int_0^r r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi$

อนุพันธ์เชิงเวกเตอร์พื้นที่ผิว
 $d\vec{S}_r = r^2 \sin\theta d\theta d\phi \hat{a}_r$
 $d\vec{S}_\theta = r \sin\theta dr d\phi \hat{a}_\theta$
 $d\vec{S}_\phi = r dr d\theta \hat{a}_\phi$

อินทิเกรตเชิงเวกเตอร์พื้นที่ผิว
 $\vec{S}_r = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi r^2 \sin\theta d\theta d\phi \hat{a}_r$
 $\vec{S}_\theta = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi r \sin\theta dr d\phi \hat{a}_\theta$
 $\vec{S}_\phi = \int_0^{2\pi} \int_0^\pi r dr d\theta \hat{a}_\phi$

และนี่คือตารางผลคูณเชิงสเกลาร์แบบคอกเตอร์ของเวกเตอร์หน่วยระหว่างแกนประสานทรงกลมกับแกนประสานทรงกลม

ส่วน \hat{a}_z นำไปคอกกับเวกเตอร์หน่วยอื่นจะเป็น 0 เพราะทำมุมตั้งฉากกับแกนอื่น 90°

$\hat{a}_r \cdot \hat{a}_z = \cos \theta$	$\hat{a}_r \cdot \hat{a}_\rho = \sin \theta$
$\hat{a}_\theta \cdot (-\hat{a}_z) = \sin \theta$	$\hat{a}_\theta \cdot \hat{a}_\rho = \cos \theta$
$\hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_z = -\sin \theta$	



	\hat{a}_r	\hat{a}_θ	\hat{a}_ϕ
\hat{a}_x	$\sin\theta \cos\phi$	$\cos\theta \cos\phi$	$-\sin\phi$
\hat{a}_y	$\sin\theta \sin\phi$	$\cos\theta \sin\phi$	$\cos\phi$
\hat{a}_z	$\cos\theta$	$-\sin\theta$	0

ถ้าหากเราคูณแบบคอสในทิศทางตรงกันข้ามผลลัพธ์จะมีทิศทางเป็นลบ

ข้อควรจำ หมุนทวนเข็มนาฬิกา (+)
 หมุนตามเข็มนาฬิกา (-)

$\hat{a}_r \times \hat{a}_\theta = \hat{a}_\phi$
 $\hat{a}_\phi \times \hat{a}_r = \hat{a}_\theta$
 $\hat{a}_\theta \times \hat{a}_\phi = \hat{a}_r$

และนี่คือตารางผลคูณเชิงสเกลาร์แบบคอกเตอร์ของเวกเตอร์หน่วยระหว่างแกนประสานทรงกลมกับแกนประสานสี่เหลี่ยม

$(\hat{a}_r \cdot \hat{a}_\rho) \cdot \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_y = \sin\theta \cdot \hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_y$
 $\hat{a}_r \cdot \hat{a}_y = \sin\theta \sin\phi$
 $(\hat{a}_r \cdot \hat{a}_\rho) \cdot \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_x = \sin\theta \cdot \hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_x$
 $\hat{a}_r \cdot \hat{a}_x = \sin\theta \cos\phi$

เราจะใช้ตรีโกณมิติโดยอาศัยสามเหลี่ยมมุมฉากหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (x,y,z) กับตัวแปร (r,theta,phi)

$x = R \cos\phi$
 $x = r \sin\theta \cos\phi$

$y = R \sin\phi$
 $y = r \sin\theta \sin\phi$

$R = r \sin\theta$

เราจะอาศัยตรีโกณมิติในการวิเคราะห์ โดยขนาดของเวกเตอร์หน่วยจะมีค่า 1 หน่วยเท่านั้น และอาศัยผลคูณเชิงสเกลาร์แบบคอกเตอร์แกนประสานทรงกลมที่เราช่วยให้ง่ายแก่การอธิบาย

$(\hat{a}_\theta \cdot \hat{a}_\rho) \cdot \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_y = \cos\theta \cdot \hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_y$
 $\hat{a}_\theta \cdot \hat{a}_y = \cos\theta \sin\phi$

$(\hat{a}_\theta \cdot \hat{a}_\rho) \cdot \hat{a}_\phi \cdot \hat{a}_x = \cos\theta \cdot \hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_x$
 $\hat{a}_\theta \cdot \hat{a}_x = \cos\theta \cos\phi$

ผลการคอกที่ไม่กล่าวถึงในตารางเนื่องจากมีที่มาเหมือนกับผลคูณเชิงสเกลาร์ระหว่างแกนประสานทรงกลมที่เหมือนกับแกนประสานทรงกลมทุกอย่าง

เราจะใช้ตรีโกณมิติโดยอาศัยสามเหลี่ยมมุมฉากหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (x,y,z) กับตัวแปร (r,theta,phi)

$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$
 $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{z}{r}\right) = \cos^{-1}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}\right)$
 $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$

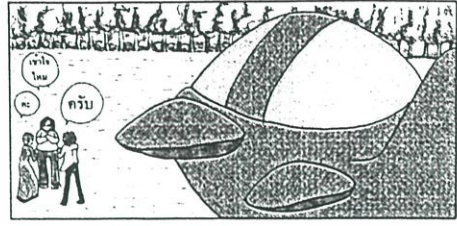
$x = R \cos\phi = r \sin\theta \cos\phi$
 $y = R \sin\phi = r \sin\theta \sin\phi$
 $z = r \cos\theta$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนเวกเตอร์จากระบบหนึ่งไปยังอีกระบบหนึ่งเราสามารถทำได้
โดยวิธีการนำเอาเวกเตอร์คูณแบบคูณกับเวกเตอร์หน่วยให้ทิศทางที่ต้องการ
ผลลัพธ์คือปริมาณเกลาไร ในทิศทางเวกเตอร์หน่วยนั้น
วิธีการเปลี่ยนระบบ
เวกเตอร์ระบบแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมเขียนแทนด้วย
 $\vec{A} = A_x \hat{i}_x + A_y \hat{i}_y + A_z \hat{i}_z$
เวกเตอร์ระบบแกนประสานทรงกลมเขียนแทนด้วย
 $\vec{A} = A_r \hat{r} + A_\theta \hat{\theta} + A_\phi \hat{\phi}$

เราสามารถหา A_r, A_θ, A_ϕ จากเวกเตอร์ระบบแกนประสานทรงกลมได้ด้วย
 $A_r = \vec{A}_{sph} \cdot \hat{r} = (A_x \hat{i}_x + A_y \hat{i}_y + A_z \hat{i}_z) \cdot \hat{r}$
 $A_\theta = \vec{A}_{sph} \cdot \hat{\theta} = (A_x \hat{i}_x + A_y \hat{i}_y + A_z \hat{i}_z) \cdot \hat{\theta}$
 $A_\phi = \vec{A}_{sph} \cdot \hat{\phi} = (A_x \hat{i}_x + A_y \hat{i}_y + A_z \hat{i}_z) \cdot \hat{\phi}$
 และสามารถหา A_x, A_y, A_z จากเวกเตอร์ระบบแกนประสานทรงสี่เหลี่ยมได้ด้วย
 $A_x = \vec{A}_{car} \cdot \hat{i}_x = (A_r \hat{r} + A_\theta \hat{\theta} + A_\phi \hat{\phi}) \cdot \hat{i}_x$
 $A_y = \vec{A}_{car} \cdot \hat{i}_y = (A_r \hat{r} + A_\theta \hat{\theta} + A_\phi \hat{\phi}) \cdot \hat{i}_y$
 $A_z = \vec{A}_{car} \cdot \hat{i}_z = (A_r \hat{r} + A_\theta \hat{\theta} + A_\phi \hat{\phi}) \cdot \hat{i}_z$
 และขนาด $|\vec{A}_{sph}| = \sqrt{A_r^2 + A_\theta^2 + A_\phi^2}$
 เมื่อขนาด $|\vec{A}_{sph}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$



ความเร็วสูงสุดของถนน
คาดคะเนไว้ที่ 50 กม.ต่อชั่วโมง
ซึ่งเร็วมาก และถูกพิฆาตเมื่อมี
กระแทกจะเกิดแรงมหาศาลกว่า
2 ล้านนิวตันหรือ 3 เท่าของแรงที่
ออกจากหมัดมนุษย์เลยทีเดียว

เร็วถึง 2248 ปอนด์ต่อชั่วโมง
แรงที่ต่ำไม่เอา (โลกนี้ขง)
เกิดความแรง 1 เมตรต่อวินาที
ยกกำลังสอง (m/s²) เมื่อ
ปล่อยตกที่ 55.9 วินาที

ขนาดความยาว
น้ำหนักมากกว่า
ขนาดที่เล็กกว่า
ขนาดความยาวของ
ขนาดความยาวของ
ขนาดความยาวของ

10 m/s สูงถึง 100 กม.ต่อชั่วโมง
แรงจะเพิ่มมากขึ้น
ถ้ามีความเร็วเพิ่มขึ้น

100 m/s สูงถึง 1000 กม.ต่อชั่วโมง
ซึ่งจะทำให้ความแรง
เพิ่มขึ้นตามไปด้วย
เพราะแรงเท่ากับมวลคูณด้วยความเร็ว

เงินแรกก็เอาซะ
มันโตเสีย สักวัน
พอเรานี้อัจฉริยะ
จริงๆ ฮาๆ

แต่ที่สำคัญอย่า
จะเอาแรงมาจาก
ไหนยะหรือนั่น

ทุกคนที่ตอบความ
สามารถคนเอโอ
ส่วนนี้มัน
เราขาดอีก
เป็นสาเหตุมัน
เฮอะ

นั่นสินะ
จะทำไงดีนี่!
อะ! นึกออกแล้ว

ลูกจ๋า
ครั้งแรก
ได้ไหม

คิวบ

เจ็บ!
ใหม่?

?

ตอนสมัยอายุเด็ก ๆ เวลาโกรธ..หิวหนะ
จะมีพลังมหาศาลกระจายออกมา
จากรอบ ๆ ตัว ซึ่งเป็นพลังแฝง
ในตัวของเรา

แล้วจะทำยังไง
ถึงจะดึงพลัง
ทั้งหมดออกมาได้

ฮ่าๆ

ง่าย!
นึกเดียว

?!

และครั้งสุดท้าย
คือครั้งที่ที่นายนิค
มาแย่งหญิงไปจาก
ลูกนะเจ็บใหม่

ฮือๆ
เจ็บเกินทน
ครับพ่อ

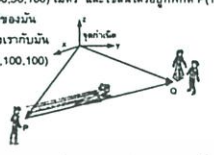
ฉันล่ะเบื่อ
พ่อลูก
นี่จริงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

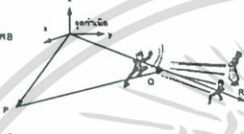


หมีตัวพวกเธอ อยู่ที่คิก Q(50,50,100) เมตร และโธอินโดอยู่ที่คิก P(100,100,100) เมตร จากจุดกำเนิด ถ้าการโจมตีของหมีนั้น เปลี่ยนเป็นทางตรงระหว่างเรากับมัน จะเป็น $PQ = (50,50,100) - (100,100,100)$ เท่ากับ $PQ = -50i - 50j - 0k$ หรือมีขนาดเท่ากับ $|PQ| = \sqrt{(-50)^2 + (-50)^2} = 70.71$ เมตร

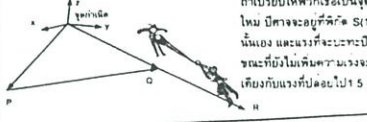
ในจังหวะที่มันเข้าโจมตีให้พวกเธอจากหมีไปตามทิศทางจากจุดศูนย์กลาง โหโธอินโดกว่า 200 เมตรจากจุดเดิม เพื่อให้พวกเธอมีเวลาเตรียมตัวปล่อยลูกหมี โธอินโดได้เร็วที่สุด ก่อนที่มันจะตีหมีอีก! พวกเธอจะอยู่ที่คิก R(150,150,300)



พวกเธอต้องปล่อยลูกหมีที่มีขนาดวง ไม่บ่อยกว่า 3 ล้านนิวตัน ถึงจะเพียงพอที่จะกำจัดมัน แต่ที่สำคัญคือพวกเธอรวมกันไม่ถึง 2 ล้านนิวตัน มีวิธีเดียวที่จะช่วยได้ คือเพิ่มความเร็วจนไฟโธอินโดสามารถพุ่งขึ้น แล้วพลังของพวกเธอจะพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็ว การปล่อยพลังจะต้องปล่อยในทิศทางรัศมีเพื่อให้แรงพุ่งไปที่จุดศูนย์กลาง และแรงที่พุ่ง นั่นก็คือ $F = 1,500,000i$ ที่ความเร็วปกติของลูกหมีที่พวกเธอมีอยู่ หมายความว่าลูกหมีขนาด 1,500,000 นิวตัน มีความเร็ว 200 เมตรต่อวินาที แล้วพวกเธอเห็นความเร็วจากความเร็วเคลื่อนที่รวมกัน อีก 400 เมตรต่อวินาที อีก



ความเร็วของลูกหมีเป็นสองเท่า และแรงของลูกหมีก็จะพุ่งขึ้นเป็นสองเท่าโดยที่ค่าพวกเธออยู่ที่คิก R(150,150,300) ปีศาจอยู่ที่คิก Q(50,50,100) เราจะอยู่ห่างปีศาจ $QR = 100i + 100j + 200k$ แล้วมันพุ่งมาที่ $|QR| = \sqrt{100^2 + 100^2 + 200^2} = 244.94887$ ถ้าเปรียบให้พวกเธอเป็นจุดกำเนิดของออร์โธโกน ปีศาจจะอยู่ที่คิก S(100,100,200) นั่นเอง และแรงที่จะพุ่งปีศาจที่จุด S ขณะที่ยังไม่มีความเร็วจะมีขนาดโดยเฉลี่ยกับแรงที่พุ่งออกไป 5 ล้านนิวตัน



ลูกหมีมีแรง $F = 1,500,000i$ จะเกิดแรงที่จุด S(100,100,200) เท่าไร $F = F_x i + F_y j + F_z k$

เราสามารถหา F_x, F_y, F_z จากเวกเตอร์หน่วยบนระนาบทิศทางงานได้โดย $F_x = F_{unit} \cdot i = (1,500,000i) \cdot i = 1,500,000 \cos \phi$
 $F_y = F_{unit} \cdot j = (1,500,000i) \cdot j = 1,500,000 \sin \phi \cos \theta$
 $F_z = F_{unit} \cdot k = (1,500,000i) \cdot k = 1,500,000 \cos \theta$

เมื่อ $\theta = \cos^{-1} \left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{200}{\sqrt{100^2 + 100^2 + 200^2}} \right) = 35.26^\circ$
 $\phi = 180^\circ - \gamma = \tan^{-1} \frac{100}{100} = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$ เรเดียน

แทนค่าลงในสมการ F_x และ F_z จะได้ไว้ว่า
 $F_x = 1,500,000 \sin(35.26^\circ) \cos(45^\circ) = 61230608$
 $F_y = 1,500,000 \sin(35.26^\circ) \sin(45^\circ) = 61230608$
 $F_z = 1,500,000 \cos(35.26^\circ) = 122481122$

จะได้เวกเตอร์แรง $F = 61230608i + 61230608j + 122481122k$ นิวตัน
 ขนาดของแรงที่พุ่งจะ $|F| = \sqrt{61230608^2 + 61230608^2 + 122481122^2} = 1,493,995.99$ นิวตัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ์ตูนสาระวิทยาศาสตร์



ตอนที่ 9 ลาก่อน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1.3 เข้าใจระบบเวกเตอร์สามมิติแทนปริมาตรทรงแบบต่าง ๆ (ต่อ)

1.3.3 อธิบายและคำนวณระบบเวกเตอร์สามมิติแทนปริมาตรทรงกลมและการแปลงระบบ (ต่อ)

สาขาวิชาฟิสิกส์
ELECTROMAGNETICS

EDUCATIONAL COMIC

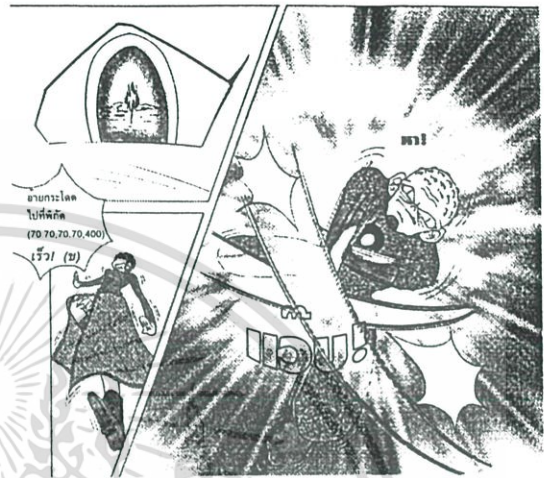
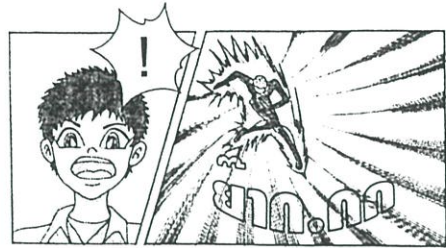
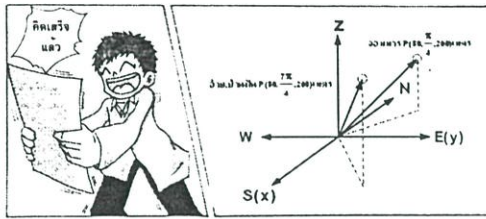
Electromagnetics copyright 2005

by Auychai Yatonchai. All rights reserved.

First published in SKC_AMUTI & KMUTL thesis in 2005.

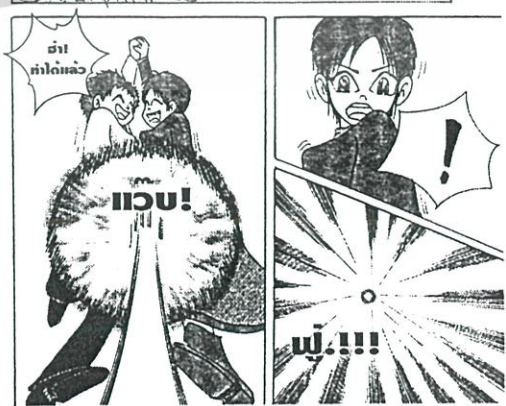
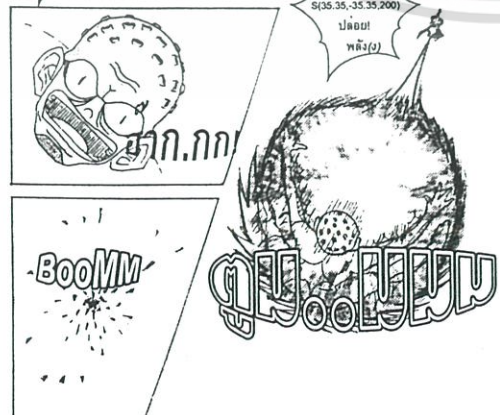
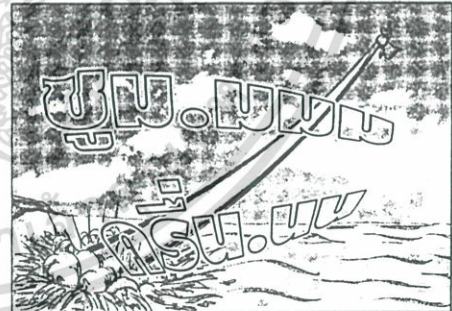
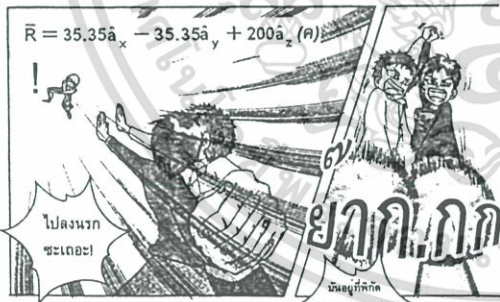
Coordinate Systems for 3D Vector Field

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

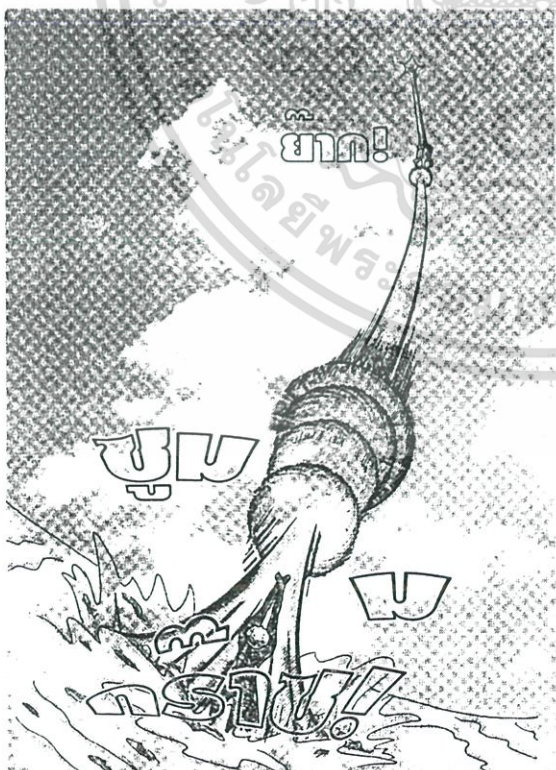
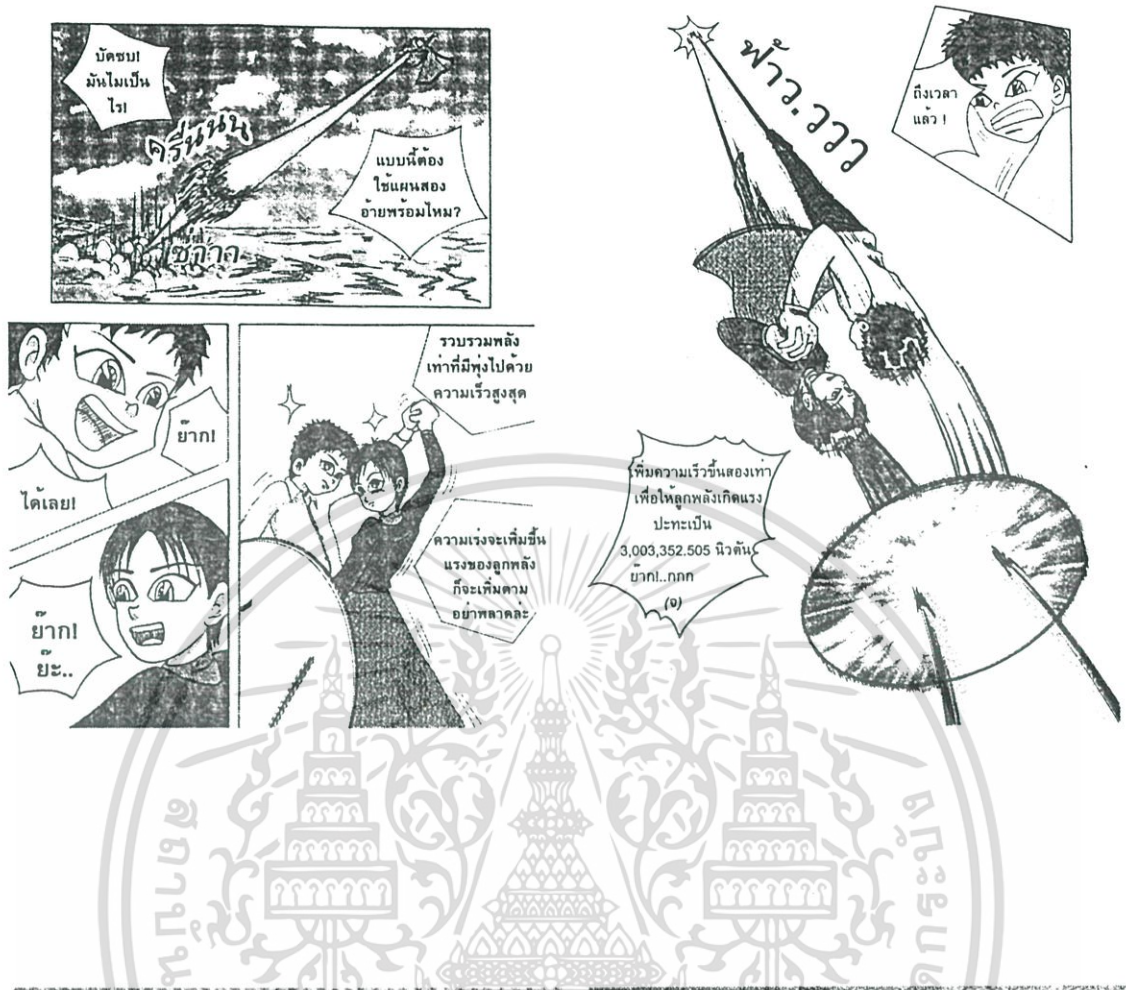


ตามกับบ้านที่อยู่ในตำแหน่งพิกัดในระบบแกนประสานทรงกระบอก คือในรูปพื้นที่สอง (ก) หมุนอยู่ห่างจากขอมุมที่แนว (ข) ตามแนวแกนการหมุนโดยสามารถอยู่ในทิศทางที่มีรัศมี 206.15 เมตรและอยู่ในตำแหน่งใดในทิศทาง (ก) ตามแนวแกนการหมุนออกมา ปกติตามแนวที่ตำแหน่งเดิมแนวแกนระหว่างจะเป็นเท่าไร (ง) ตามแนวแกนจะเป็นจุดกำเนิดอ้างอิง ปกติจะอยู่ตำแหน่งพิกัดใด (จ) จะเกิดแรงประที่ลัดที่ทิศทางอย่างไร ความยาวของแรง $F = 1,500,000 \frac{2y}{x}$ คำนวณหาขนาดในหน่วยตันไป

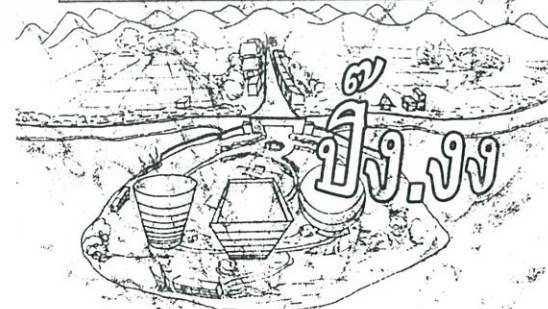
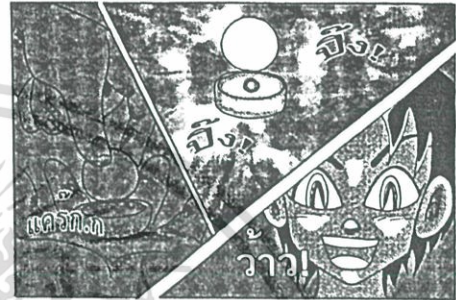
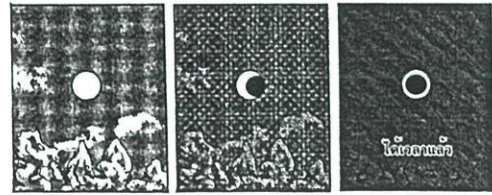
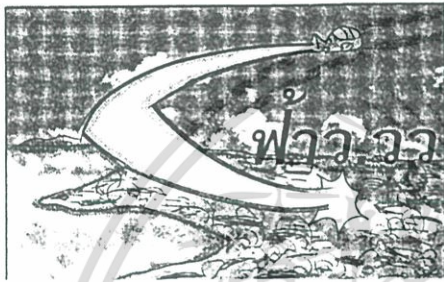
ถ้าไม่เอาโลกกลับไปอ่านด้วยอย่างที่ว่ามานะ



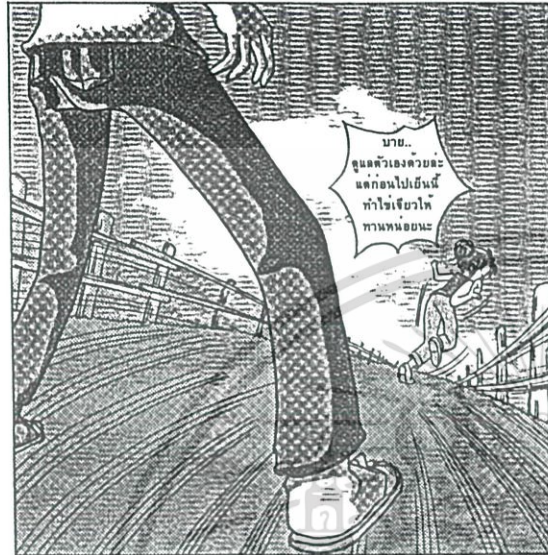
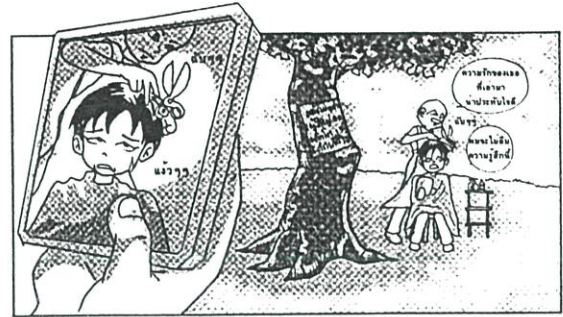
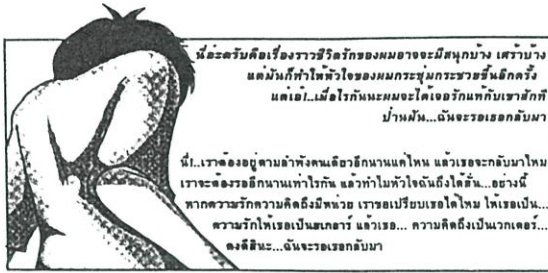
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายอวยชัย ยางงไชย
วัน เดือน ปีเกิด	2 มิถุนายน 2521
สถานที่เกิด	24 หมู่ 7 บ้านน้อยเศรษฐี ต.พรเจริญ อ.พรเจริญ จ.หนองคาย 43180
ที่อยู่	199 หมู่ 13 บ้านนาเหมืองน้อย ต.พังโคน อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160 หมายเลขโทรศัพท์ 0-9862-2562
งานอดิเรก	วาดภาพสีน้ำ สีน้ำมัน สีโปสเตอร์ วาดภาพการ์ตูนด้วยคอมพิวเตอร์ กราฟฟิก และปลูกต้นไม้
ประวัติการทำงาน	<p>2534-2539 พนักงานขายสินค้าอุปโภคบริโภคร้านธงชัยบูติก (ร้านค้าของบิดาตัวเอง)</p> <p>2544-2544 อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ</p> <p>2544-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำแผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร</p> <p>2546-ปัจจุบัน ผู้จัดการหอพักบ้านสวนพรจิรา 199 หมู่ 13 บ้านนาเหมืองน้อย ต.พังโคน อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160 หมายเลข โทรศัพท์ 0-9862-2562</p>
ประวัติการศึกษา	<p>พ.ศ.2534 ประถมศึกษา โรงเรียนบ้านสามแยกเจริญราษฎร์ (โรงเรียนอนุบาลพรเจริญ ในปัจจุบัน)</p> <p>พ.ศ.2537 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพรเจริญวิทยา</p> <p>พ.ศ.2539 ปวช. สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ</p> <p>พ.ศ.2541 ปวส. สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ – สื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น</p> <p>พ.ศ.2544 ปริญญาตรี ค.อ.บ.วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ – โทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น</p> <p>พ.ศ.2549 ปริญญาโท ค.อ.ม.วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้