



เอกสารประกอบการสอน

รายวิชา กลุ่มพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

รหัสวิชา FUNSC115

ชื่อวิชา ฟิสิกส์มูลฐานสำหรับวิศวกร

(Fundamental of Physics for Engineers)

โดย

นาย ทดลอง ทำตัวอย่าง

สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

2565

คำนำ

เอกสารประกอบการสอน ในรายวิชา ฟิสิกส์มูลฐานสำหรับวิศวกร (Fundamental of PHYSICS FOR ENGINEERS) รหัสวิชา FUNSC 115 นี้ได้เรียบเรียงขึ้นสำหรับสอนนักศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ในทุกสาขา โดยผู้เรียบเรียงได้รวบรวมและจัดทำขึ้นตามลักษณะรายวิชา ประกอบด้วย การแบ่งหน่วยบทเรียนและหัวข้อ จุดประสงค์การสอนและการประเมินผลรายวิชา พร้อมทั้งได้ทำกำหนดการสอน เพื่อเตรียมการสอนรายสัปดาห์ตลอดทั้ง 15 สัปดาห์ ซึ่งไม่นับรวม สัปดาห์ทบทวนและสัปดาห์สอบ โดยแบ่งออกเป็น 8 หน่วยเรียน ประกอบไปด้วย กลศาสตร์ของ อนุภาคและวัตถุแข็งเกร็งซึ่งกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ แรง งาน-พลังงาน และโมเมนตัมของอนุภาคและวัตถุแข็งเกร็ง กลศาสตร์ของไหล ความร้อน การสั่นและคลื่น เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเรียน การสอน ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในวิชาชีพได้อย่างเหมาะสม

เอกสารประกอบการสอน นี้ได้รวบรวมและเรียบเรียงจากตำรา วารสาร และเอกสารทาง วิชาการต่าง ๆ หลายเล่ม ซึ่งคิดว่าน่าจะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป หากมี ข้อบกพร่องประการใด ผู้เรียบเรียงยินดีน้อมรับข้อเสนอแนะเพื่อนำไปแก้ไขและปรับปรุงให้สมบูรณ์ ยิ่งขึ้น

ทดลอง ทำตัวอย่าง
พฤศจิกายน 2565

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	
สารบัญ	ก
ข้อมูลทั่วไป	ช
ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนน	ท
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 1	1
หน่วยที่ 1 หน่วยการวัดและเวกเตอร์	2
1.1 หน่วยเอสไอ	4
1.2 ปริมาณทางฟิสิกส์	7
1.2.1 ปริมาณสเกลาร์	8
1.2.2 ปริมาณเวกเตอร์	18
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 2	20
หน่วยที่ 2 การเคลื่อนที่ของวัตถุ	XX
2.1 การเคลื่อนที่ 1 มิติ	XX
2.1.1 สมการการเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่แนวราบ	XX
2.1.2 การเคลื่อนที่แนวตั้ง	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 3	XX
หน่วยที่ 2 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ	XX
2.2 การเคลื่อนที่ 2 มิติ	XX
2.2.1 การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	XX
2.2.2 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 4	XX
หน่วยที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	XX
3.1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	XX
3.2 แรงเสียดทาน	XX
3.3 การประยุกต์ใช้งานกฎของนิวตัน	XX
3.3.1 แผนภาพอิสระ	XX

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 5	XX
3.3.2 การประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 1 (สมดุล)	XX
3.3.3 การประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 2 (แรงและการเคลื่อนที่)	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 6	XX
หน่วยที่ 4 งาน – พลังงาน	XX
4.1 งาน	XX
4.1.1 งาน	XX
4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับกราฟระหว่างแรงและระยะทาง	XX
4.1.3 งานเนื่องจากแรงไม่คงตัว	XX
4.1.4 งานเนื่องจากสปริง	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 7	XX
4.2 พลังงาน	XX
4.2.1 งานและพลังงานจลน์	XX
4.2.2 พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น	XX
4.2.3 การอนุรักษ์พลังงาน	XX
4.3 กำลัง	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 8	XX
หน่วยที่ 5 โมเมนตัมและระบบอนุภาค	XX
5.1 โมเมนตัมเชิงเส้นและแรงดล	XX
5.1.1 โมเมนตัมเชิงเส้นและแรงดล	XX
5.1.2 การอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น	XX
5.2 การชนกัน	XX
5.2.1 การชนใน 1 มิติ	XX
1) การชนแบบยืดหยุ่น	XX
2) การชนแบบไม่ยืดหยุ่น	XX
5.2.2 การชนใน 2 มิติ	XX
5.3 ระบบอนุภาค	XX
5.3.1 จุดศูนย์กลางมวล	XX

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.3.2 การเคลื่อนที่ของระบบอนุภาค	XX
5.3.3 โมเมนตัมของระบบอนุภาค	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 9 (สอบกลางภาค)	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 10	XX
หน่วยที่ 6 การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง	XX
6.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง	XX
6.1.1 ชนิดของการเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง	XX
6.1.2 สมการการเคลื่อนที่แบบหมุน	XX
6.2 พลังงานจลน์ของวัตถุแข็งเกร็ง	XX
6.3 โมเมนต์ความเฉื่อย	XX
6.3.1 โมเมนต์ความเฉื่อยของกลุ่มอนุภาค	XX
6.3.2 โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุเอกพันธ์	XX
6.3.3 ทฤษฎีแกนขนาน	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 11	XX
หน่วยที่ 6 การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง	XX
6.4 ทอร์ก	XX
6.5 งาน กำลัง และพลังงานของการเคลื่อนที่แบบหมุน	XX
6.6 การเคลื่อนที่แบบกลิ้ง	XX
6.7 โมเมนตัมเชิงมุมและการอนุรักษ์โมเมนตัม	XX
6.8 สมบัติเชิงกลของสสาร	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 12	XX
หน่วยที่ 7 กลศาสตร์ของไหล	XX
7.1 ของไหล	XX
7.1.1 ความหนาแน่น	XX
7.1.2 แรงในของไหล	XX
7.2 สถิตศาสตร์ของไหล	XX
7.2.1 ความดันและกฎของพาสคัล	XX

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
7.2.2 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมิดีส	XX
7.2.3 แรงตึงผิว	XX
7.2.4 ปรัชญาการณคาคิลลารี	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 13	XX
หน่วยที่ 7 กลศาสตร์ของไหล	XX
7.3 พลศาสตร์ของไหล	XX
7.3.1 แบบจำลองของไหลในอุดมคติ	XX
7.3.2 สมการความต่อเนื่อง	XX
7.3.3 สมการของแบร์นูลลีและการประยุกต์	XX
7.4 ความหนืด	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 14	XX
หน่วยที่ 8 ความร้อนและอุณหภูมิจลศาสตร์เบื้องต้น	XX
8.1 การขยายตัวเชิงความร้อน	XX
8.2 ความร้อน	XX
8.2.1 ความจุความร้อนและความร้อนจำเพาะ	XX
8.2.2 การเปลี่ยนสถานะ	XX
8.3 ขบวนการถ่ายโอนความร้อน	XX
8.3.1 การนำความร้อน	XX
8.3.2 การพาความร้อน	XX
8.3.3 การแผ่รังสีความร้อน	XX
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 15	XX
หน่วยที่ 8 กฎข้อที่ 1 และ 2 ทางเทอร์โมไดนามิก	XX
8.4 งานเนื่องจากความร้อน	XX
8.5 กฎข้อที่ 1 ทางเทอร์โมไดนามิก	XX
8.5.1 พลังงานภายในและกฎข้อที่ 1	XX
8.5.2 กระบวนการทางเทอร์โมไดนามิก	XX

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
แผนการสอนประจำสัปดาห์ที่ 16	XX
หน่วยที่ 8 กฎข้อที่ 1 และ 2 ทางเทอร์โมไดนามิก	XX
8.6 กฎข้อที่ 2 ทางเทอร์โมไดนามิก	XX
8.6.1 เครื่องยนต์ความร้อนและกฎข้อที่ 2	XX
8.6.2 ตู้เย็น	XX
8.6.3 เครื่องยนต์คาร์โนต์	XX
8.6.4 เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซล	XX
8.6.5 เอนโทรปี	XX
บรรณานุกรม	313
ภาคผนวก	
แบบฝึกหัด	315

ข้อมูลทั่วไป (ใช้ มคอ.3 มาแนบ)

หมวดที่ 1
ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา

รหัสรายวิชา	FUNSC115
ชื่อรายวิชาภาษาไทย	ฟิสิกส์มูลฐานสำหรับวิศวกร
ชื่อรายวิชาภาษาอังกฤษ	Fundamental of Physics for Engineers

2. จำนวนหน่วยกิต

4 (3 - 3 - 7)

3. หลักสูตร และประเภทของรายวิชา

รายวิชาในกลุ่มพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน

นาย ทดลอง ทำตัวอย่าง

5. ภาคเรียน/ปีการศึกษา

ภาคเรียน 1 ปีการศึกษา 2565

6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites)

-

7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites)

-

8. สถานที่เรียน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา

9. วันที่จัดทำหรือปรับปรุงรายละเอียดของรายวิชาครั้งล่าสุด

30 พฤษภาคม 2565

หมวดที่ 2

จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา

เมื่อนักศึกษาเรียนรายวิชานี้แล้ว นักศึกษามีสมรรถนะที่ต้องการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1 เข้าใจเรื่องเวกเตอร์ กฎการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ งาน กำลังงาน โมเมนตัมและการชน
- 1.2 เข้าใจเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง คุณสมบัติของของไหล และหลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์
- 1.3 มีทักษะในการแก้ปัญหาโจทย์ทางวิทยาศาสตร์ สามารถวิเคราะห์และสรุปข้อมูลอย่างมีเหตุผล
- 1.4 ประยุกต์วิชา ฟิสิกส์มูลฐานสำหรับวิศวกรกับชีวิตประจำวัน วิชาชีพหรือเทคโนโลยีใหม่ๆได้
- 1.5 มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้ทางฟิสิกส์

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนาปรับปรุงรายวิชา

- 2.1 ปลูกฝังการคิดอย่างมีระบบและมีเหตุผล
- 2.2 ส่งเสริมความให้มีความรู้ไปใช้ในวิชาชีพและเป็นพื้นฐานในการศึกษาระดับสูงต่อไป
- 2.3 สามารถนำความรู้ไปใช้ในวิชาชีพและเป็นพื้นฐานในการศึกษาระดับสูงต่อไป
- 2.4 สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน

หมวดที่ 3

ลักษณะและการดำเนินการ

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ หน่วยทางฟิสิกส์ ปริมาณสเกลาร์ ปริมาณเวกเตอร์ การเคลื่อนที่ของวัตถุ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน งาน พลังงาน กำลัง โมเมนตัมและการชน การเคลื่อนที่ของวัตถุ แข็งเกร็ง คุณสมบัติของของไหล หลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์

Study and Practice of fundamental physics, physics units, scalars and vectors, motion of objects, Newton's laws of motion, work, energy, power, momentum and collision, rigid body motion, properties of fluid, basic concepts of thermodynamics.

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อภาคการศึกษา

บรรยาย :

จำนวนชั่วโมงบรรยายต่อสัปดาห์ 3 ชั่วโมง

สอนเสริม :

จำนวนชั่วโมงที่สอนเสริมในรายวิชา 0 ชั่วโมง

การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน :

จำนวนชั่วโมงฝึกปฏิบัติการต่อสัปดาห์ 3 ชั่วโมง

การศึกษาด้วยตนเอง :

จำนวนชั่วโมงการศึกษาด้วยตนเอง 7 ชั่วโมง

3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

3.1 วันพุธ เวลา 15.00 - 16.30 น.

3.2 E-mail. test@hotmail.com

3.3 E-mail. test@rmutl.ac.th

หมวดที่ 4

การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

- 1.1 มีจิตสำนึกสาธารณะและตระหนักในคุณค่าของคุณธรรม จริยธรรม
- 1.2 มีจรรยาบรรณทางวิชาการหรือวิชาชีพ
- 1.3 มีวินัย ขยัน อดทน ตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม
- 1.4 เคารพสิทธิในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์

1.2 วิธีการสอน

1. ให้ความสำคัญในวินัย การตรงต่อเวลา การส่งงานในเวลาที่กำหนด
2. กำหนดข้อตกลงร่วมกันในการวัดผลระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

1.3 วิธีการประเมินผล

1. การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตรงเวลา
2. สังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ

- 2.1 มีความรู้และความเข้าใจทั้งด้านทฤษฎีและหลักการปฏิบัติในเนื้อหาที่ศึกษา
- 2.2 สามารถติดตามความก้าวหน้าทางวิชาการและเทคโนโลยีของสาขาวิชาที่ศึกษา
- 2.3 สามารถบูรณาการความรู้ที่ศึกษากับความรู้ในศาสตร์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.2 วิธีการสอน

1. บรรยายครอบคลุมเนื้อหาตามคำอธิบายรายวิชา เปิดโอกาสให้นักศึกษามีการตั้งคำถามหรือตอบคำถาม หรือแสดงความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับวิชาการ
2. มอบหมายให้ค้นหาข้อมูลเพิ่มเติม หรือศึกษาด้วยตนเอง
3. กำหนดหัวข้อทางวิชาการให้กับนักศึกษาในการค้นคว้าความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ๆ

2.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย
2. สอบกลางภาค สอบปลายภาค
3. ประเมินจากรายงาน หรืองานที่มอบหมาย

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญา ที่ต้องพัฒนา

- 3.1 มีทักษะปฏิบัติจากการประยุกต์ความรู้ทั้งทางด้านวิชาการหรือวิชาชีพ
- 3.2 มีทักษะในการนำความรู้มาคิดและใช้อย่างมีระบบ

3.2 วิธีการสอน

1. ฝึกทักษะ ตามหัวข้อทางวิชาการให้นักศึกษาได้ปฏิบัติ
2. อธิบายความเชื่อมโยงของความรู้ในวิชาที่ศึกษากับศาสตร์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยระดมความคิดของนักศึกษาในชั้นเรียน
3. มอบหมายงานให้นักศึกษา ทำแบบฝึกหัด และนำเสนองานหน้าชั้นเรียน

3.3 วิธีการประเมินผล

1. ทดสอบย่อย
2. แบบฝึกหัด และการนำเสนองาน

4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ ที่ต้องพัฒนา

- 4.1 มีมนุษยสัมพันธ์และมารยาทสังคมที่ดี
- 4.2 มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตามได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 4.3 สามารถทำงานเป็นทีมและสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งได้อย่างเหมาะสม
- 4.4 สามารถใช้ความรู้ในศาสตร์มาช่วยเหลือสังคมในประเด็นที่เหมาะสม

4.2 วิธีการสอน

1. ทำปฏิบัติการ
2. ให้นำเสนอผลการทดลอง โดยกำหนดความรับผิดชอบของนักศึกษาแต่ละคน

4.3 วิธีการประเมินผล

1. ประเมินจากความรับผิดชอบงานกลุ่ม
2. ประเมินจากการนำเสนองาน

5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ต้องพัฒนา

- 5.1 สามารถเลือกใช้วิธีการและเครื่องมือสื่อสารที่เหมาะสม
- 5.2 สามารถสืบค้น ศึกษา วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างเหมาะสม
- 5.3 สามารถใช้ภาษาไทยหรือต่างประเทศในการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 วิธีการสอน

1. สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้โดยสามารถประมวลผลเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนได้
2. นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองได้โดยใช้กราฟ

5.3 วิธีการประเมินผล

ประเมินจากผลงาน และการนำเสนอผลงาน

6. ด้านทักษะพิสัย

- 6.1 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย
- 6.2 วิธีการสอน
- 6.3 วิธีการประเมินผล

แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้จากหลักสูตรสู่รายวิชา (Curriculum Mapping)

● ความรับผิดชอบหลัก ○ ความรับผิดชอบรอง

กลุ่มวิชา			1.ด้านคุณธรรม จริยธรรม				2.ด้านความรู้			3.ทักษะ ทาง ปัญหา		4.ทักษะความ สัมพันธ์ระหว่าง บุคคลและความรับ ผิดชอบ				5.ทักษะการ วิเคราะห์เชิง ตัวเลขและการ ใช้ เทคโนโลยี สารสนเทศ		
			1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	3	4	1	2	3
ลำดับ	รหัสวิชา	ชื่อวิชา																
1	FUNSC115	ฟิสิกส์ มูลฐาน สำหรับ วิศวกรรม			●		●	○	○	●	○			○		●	●	

หมวดที่ 5

แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

ลำดับที่	บทเรียน	จำนวน ชั่วโมง		กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อที่ใช้
		ท	ป	
1	1. หน่วยการวัดและเวกเตอร์ 1.1 หน่วยเอสไอ 1.2 ปริมาณทางฟิสิกส์ 1.2.1 ปริมาณสเกลาร์ 1.2.2 ปริมาณเวกเตอร์	3	-	ชี้แจงลักษณะรายวิชา กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล โดย แจกเอกสาร และใช้ power point ประกอบบรรยาย ชี้แจงหลักเกณฑ์การให้ คะแนน การเรียนการสอน โดยแจกเอกสาร และใช้ power point ประกอบ บรรยาย
2	2. การเคลื่อนที่ของวัตถุ 2.1 การเคลื่อนที่ 1 มิติ 2.1.1 สมการการเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่ แนวราบ 2.1.2 การเคลื่อนที่แนวตั้ง	3	-	บรรยายและคำนวณแจก เอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบ บรรยาย และแบบฝึกหัด การเรียนการสอน โดยแจก เอกสาร และใช้ power point ประกอบบรรยาย
3	2. การเคลื่อนที่ของวัตถุ (ต่อ) 2.2 การเคลื่อนที่ 2 มิติ 2.2.1 การเคลื่อนที่วิถีโค้ง 2.2.2 การเคลื่อนที่เป็นวงกลม	3	-	บรรยายและคำนวณแจก เอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบ บรรยาย และแบบฝึกหัด การเรียนการสอน โดยแจก เอกสาร และใช้ power point ประกอบบรรยาย

4	3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 3.1 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 3.2 แรงเสียดทาน 3.3 การประยุกต์ใช้งานกฎของนิวตัน 3.3.1 แผนภาพอิสระ	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยาย
5	3. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (ต่อ) 3.3 การประยุกต์ใช้งานกฎของนิวตัน 3.3.2 การประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 1 (สมดุล) 3.3.3 การประยุกต์ใช้กฎข้อที่ 2 (แรงและการเคลื่อนที่)	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและแบบฝึกหัด
6	4. งาน พลังงาน กำลัง 4.1 งาน 4.1.1 งาน 4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับกราฟระหว่างแรงและระยะทาง 4.1.3 งานเนื่องจากแรงไม่คงตัว 4.1.4 งานเนื่องจากสปริง	3	-	บรรยายและยกตัวอย่างแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและมอบหมายงานกลุ่ม
7	4. งาน พลังงาน กำลัง (ต่อ) 4.2 พลังงาน 4.2.1 งานและพลังงานจลน์ 4.2.2 พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น 4.2.3 การอนุรักษ์พลังงาน 4.3 กำลัง	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและแบบฝึกหัด
8	5. โมเมนตัมและการชน 5.1 โมเมนตัมเชิงเส้นและแรงดล 5.1.1 โมเมนตัมเชิงเส้นและแรงดล 5.1.2 การอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น 5.2 การชนกัน 5.2.1 การชนใน 1 มิติ 1) การชนแบบยืดหยุ่น 2) การชนแบบไม่ยืดหยุ่น 5.3 ระบบอนุภาค 5.3.1 จุดศูนย์กลางมวล	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและแบบฝึกหัด

	5.3.2 การเคลื่อนที่ของระบบอนุภาค 5.3.3 โมเมนตัมของระบบอนุภาค			
9	สอบกลางภาค			
10	6. การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง (ต่อ) 6.1 การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง 6.1.1 ชนิดของการเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง 6.1.2 สมการการเคลื่อนที่แบบหมุน 6.2 พลังงานจลน์ของวัตถุแข็งเกร็ง 6.3 โมเมนต์ความเฉื่อย 6.3.1 โมเมนต์ความเฉื่อยของกลุ่มอนุภาค 6.3.2 โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุเอกพันธ์ 6.3.3 ทฤษฎีแกนขนาน	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและแบบฝึกหัด
11	6. การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง (ต่อ) 6.4 ทอร์ก 6.5 งาน กำลัง และพลังงานของการเคลื่อนที่แบบหมุน 6.6 การเคลื่อนที่แบบกลิ้ง 6.7 โมเมนตัมเชิงมุมและการอนุรักษ์โมเมนตัม 6.8 สมบัติเชิงกลของสสาร	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและแบบฝึกหัด
12	7. คุณสมบัติของของไหล 7.1 ของไหล 7.1.1 ความหนาแน่น 7.1.2 แรงในของไหล 7.2 สถิติศาสตร์ของไหล 7.2.1 ความดันและกฎของพาสคัล 7.2.2 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมิดีส 7.2.3 แรงตึงผิว 7.2.4 ปรากฏการณ์คาปิลลารี	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและแบบฝึกหัด
13	7. คุณสมบัติของของไหล (ต่อ) 7.3 พลศาสตร์ของไหล 7.3.1 แบบจำลองของไหลในอุดมคติ 7.3.2 สมการความต่อเนื่อง 7.3.3 สมการของแบร์นูลลีและการประยุกต์ 7.4 ความหนืด	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบบรรยายและแบบฝึกหัด
14	8. หลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์ 8.1 การขยายตัวเชิงความร้อน 8.2 ความร้อน	3	-	บรรยายและคำนวณแจกเอกสารประกอบ และใช้

	8.2.1 ความจุความร้อนและความร้อน จำเพาะ 8.2.2 การเปลี่ยนสถานะ 8.3 ขบวนการถ่ายโอนความร้อน 8.3.1 การนำความร้อน 8.3.2 การพาความร้อน 8.3.3 การแผ่รังสีความร้อน			power point ประกอบ บรรยายและแบบฝึกหัด
15	8. หลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์ (ต่อ) 8.4 งานเนื่องจากความร้อน 8.5 กฎข้อที่ 1 ทางเทอร์โมไดนามิก 8.5.1 พลังงานภายในและกฎข้อที่ 1 8.5.2 กระบวนการทางเทอร์โมไดนามิก	3	-	บรรยายและคำนวณแจก เอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบ บรรยายและแบบฝึกหัด
16	8. หลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์ (ต่อ) 8.6 กฎข้อที่ 2 ทางเทอร์โมไดนามิก 8.6.1 เครื่องยนต์ความร้อนและกฎข้อที่ 2 8.6.2 ตู้เย็น 8.6.3 เครื่องยนต์คาร์โนต์ 8.6.4 เครื่องยนต์ก๊าซโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซล 8.6.5 เอนโทรปี	3	-	บรรยายและคำนวณแจก เอกสารประกอบ และใช้ power point ประกอบ บรรยายและแบบฝึกหัด
17	ทบทวนบทเรียน			
18	สอบปลายภาค			
รวม		45	-	

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

กิจกรรม ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัดส่วนที่ ประเมิน	สัดส่วน ของการ ประเมิน
1	1.1,1.3,2.1,3.2	สอบกลางภาค และปลายภาค	9,17	50 %
2	1.3,2.1,3.2,4.3,5.2	ประเมินจากรายงานปฏิบัติการทดลอง ประเมินงานที่มอบหมาย และแบบฝึกหัด ประเมินจากความรับผิดชอบงานกลุ่ม ประเมินจากการนำเสนองาน	ตลอดภาค การศึกษา	40 %
3	1.3	การให้คะแนนการเข้าชั้นเรียน และการส่งงานตรงเวลา การสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาในการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม	ตลอดภาค การศึกษา	10 %

หมวดที่ 6

ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. หนังสือ ตำรา และเอกสารประกอบการสอนหลัก

1. ฟิสิกส์ 1 ทบวงมหาวิทยาลัย
2. ฟิสิกส์พื้นฐานชั้นมหาวิทยาลัย ฉันทนา อิศรางกูล ณ อยุธยา และอุไรวรรณ จุณภาค
3. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, 9th Ed

2. เอกสาร และข้อมูลสำคัญ

1. รศ. ก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์, ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย
2. โจทย์ประกอบการเรียนฟิสิกส์. ผศ. จรัส บุญยธรรมมา , สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ : สุริยาสาส์, 2543
3. ฟิสิกส์ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เอกสาร และข้อมูลแนะนำ

www.rmutphysics.com

หมวดที่ 7

การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

การประเมินประสิทธิผลรายวิชานี้ ที่จัดทำโดยนักศึกษา ได้จัดกิจกรรมในการนำแนวคิดและความเห็นจากนักศึกษาได้ดังนี้

- 1.1 ผลการประเมินผู้สอนออนไลน์
- 1.2 การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและผู้เรียน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

ในการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการสอน ได้มีกลยุทธ์ ดังนี้

- 2.1 ผลการเรียนรู้ของนักศึกษา
- 2.2 ติดตามงานที่มอบหมาย
- 2.3 การสังเกตการณ์สอนของผู้สอน

3. การปรับปรุงการสอน

- 3.1 ปรับปรุงการเรียนการสอนจากผลการประเมินของนักศึกษา
- 3.2 จัดทำ และพัฒนาเอกสารประกอบการสอน สื่อการสอน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

- 4.1 มีการให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักศึกษา เพื่อนำไปพัฒนาการเรียนรู้
- 4.2 มีการบันทึกหลังการสอน

5. การดำเนินการทบทวนและวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

- 5.1 นำผลที่ได้จากการประเมินของนักศึกษา คะแนนสอบ นำมาสรุปผล และพัฒนารายวิชาในภาคการศึกษาต่อไป

ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนน

เลขที่หน่วย	คะแนนรายหน่วยและ น้ำหนักคะแนน ชื่อหน่วย	คะแนนรายหน่วย	น้ำหนักคะแนน				
			พุทธพิสัย				ทักษะพิสัย
			ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	สูงกว่า	
1.	หน่วยการวัดและเวกเตอร์	5	1	2	2		
2.	การเคลื่อนที่ของวัตถุ	10	2	3	5		
3.	กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	10	2	3	5		
4.	งาน พลังงาน กำลัง	8	1	2	5		
5.	โมเมนตัมและการชน	7	1	2	4		
6.	การเคลื่อนที่ของวัตถุเชิงเกร็ง	10	2	3	5		
7.	คุณสมบัติของของไหล	10	2	3	5		
8.	หลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์	10	2	3	5		
ก.	คะแนนภาควิชาการ	70	13	21	36		
ข.	คะแนนภาคผลงาน	20					
ค.	คะแนนจิตพิสัย	10					
รวมทั้งสิ้น		100					

สัปดาห์ที่ 1

หน่วยที่ 1 หน่วยการวัดและเวกเตอร์

ชื่อหน่วยเรียน/บทเรียน

- 1.1 หน่วยเอสไอ
- 1.2 ปริมาณทางฟิสิกส์
 - 1.2.1 ปริมาณสเกลาร์
 - 1.2.2 ปริมาณเวกเตอร์

จุดประสงค์การสอน

- 1.1 มีความรู้เกี่ยวกับหน่วยเอสไอ และสามารถเขียนตัวเลขในรูปพหุคูณของสิบได้
- 1.2 เข้าใจความแตกต่างของปริมาณฟิสิกส์ระหว่างปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์
 - 1.2.1 สามารถจำแนกปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์ได้
 - 1.2.2 อธิบายและคำนวณหาองค์ประกอบเวกเตอร์ได้
 - 1.2.3 สามารถนำความรู้เกี่ยวกับการคูณเวกเตอร์ทั้งแบบ dot และ cross ไปใช้ได้

01 หน่วยทางฟิสิกส์และปริมาณเวกเตอร์

ฟิสิกส์มูลฐานสำหรับวิศวกร

ผศ.ดร.สุวิชัย ณะศานารคุณ

FUNSC 115	ฟิสิกส์มูลฐานสำหรับวิศวกร	4(3-3-7)
	Fundamental of Physics for Engineers	
	รหัสรายวิชาเดิม : ไม่มี	
	วิชาบังคับก่อน : ไม่มี	
	<p>ศึกษาและปฏิบัติการเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์</p> <p>01 หน่วยทางฟิสิกส์ ปริมาณสเกลาร์ ปริมาณเวกเตอร์</p> <p>02 การเคลื่อนที่ของวัตถุ</p> <p>03 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน</p> <p>04 งาน พลังงาน กำลัง</p> <p>05 โมเมนตัมและการชน</p> <p>06 การเคลื่อนที่ของวัตถุเชิงเกร็ง</p> <p>07 คุณสมบัติของของไหล</p> <p>08 หลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์</p>	

บทที่ 1 หน่วยทางฟิสิกส์ ปริมาณสเกลลาร์ ปริมาณเวกเตอร์

ศึกษาพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณทางฟิสิกส์

บทที่ 2 การเคลื่อนที่ของวัตถุ

ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่และลักษณะของการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

บทที่ 3 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ศึกษาแรงซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่

บทที่ 4 งาน พลังงาน กำลัง ศึกษาผลของการเคลื่อนที่และปริมาณที่สะสมในวัตถุขณะเคลื่อนที่

บทที่ 5 โมเมนตัมและการชน ศึกษาคุณภาพของการเคลื่อนที่และผลที่เกิดขึ้น เมื่อการเคลื่อนที่ถูกรบกวน

บทที่ 6 การเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง ศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อนำรูปร่างของวัตถุมาร่วมพิจารณา

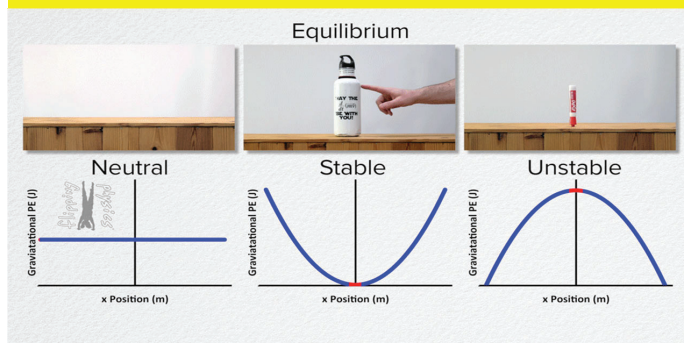
บทที่ 7 คุณสมบัติของของไหล ศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ ที่มีรูปร่างไม่แน่นอน

บทที่ 8 หลักการเบื้องต้นของอุณหพลศาสตร์ ศึกษา เรื่องความร้อน และงาน พลังงานของความร้อน

01 หน่วยทางฟิสิกส์และปริมาณเวกเตอร์

ฟิสิกส์คือ ?

1. ฟิสิกส์ คือ การศึกษากฎธรรมชาติ
2. ฟิสิกส์ คือ วิทยาศาสตร์ที่อธิบายวัตถุและพลังงาน
3. ฟิสิกส์ คือ พื้นฐานของวิทยาศาสตร์ทั้งหมด
4. ฟิสิกส์ คือ ความรู้ที่ได้จากการศึกษาและรวบรวมจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ



ที่มา : <https://www.flippingphysics.com/blog/archives/05-2020>



ที่มา : <https://www.fd-group.eu/en/services/product-engineering/>

หน่วยวัด

ปัจจุบันระบบหน่วยที่นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรทั่วโลกใช้กัน ได้แก่ ระบบเมตริก ซึ่งในต่อมาได้เปลี่ยนชื่อให้เป็นทางการว่า ระบบระหว่างชาติ หรือ SI (system international)

หน่วย SI แบ่งเป็น หน่วยฐาน หน่วยเสริม และ หน่วยอนุพัทธ์

หน่วยฐาน เป็นหน่วยที่ใช้วัดปริมาณมูลฐานซึ่งมี 7 ปริมาณ ดังนี้

	ความยาว	ℓ, s	เมตร
	มวล	m	กิโลกรัม
	เวลา	t	วินาที
	อุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิกส์	T	เคลวิน
	กระแสไฟฟ้า	I	แอมแปร์
	ความเข้มแห่งการส่องสว่าง	I	แคนเดลา
	ปริมาณสาร	n	โมล

หน่วยเสริม เป็นหน่วยเพิ่มเติมเพื่อใช้เรียกปริมาณทางเรขาคณิต มี 2 หน่วยได้แก่

ปริมาณ	หน่วย	สัญลักษณ์
มุมระนาบ (plane angle)	เรเดียน (radian)	rad
มุมตัน (solid angle)	สเตอเรเดียน (steradian)	sr

ปริมาณทางฟิสิกส์ทั้งหมด ประกอบไปด้วย ตัวเลขและหน่วย เมื่อปริมาณดังกล่าวถูกนำมา บวก ,ลบ คูณ หรือ หาร ในสมการพีชคณิต หน่วยสามารถถูกกระทำเช่นเดียวกับปริมาณต่างๆ ทางพีชคณิต ตัวอย่างเช่น สมมติว่าเราต้องการหารระยะทางในการเดินทางในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง โดยรถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางจะเป็นผลที่เกิดจากการคูณกันของอัตราเร็ว (v) และเวลา (t) ด้วยเหตุนี้ จึงมีการสร้างหน่วยอนุพันธ์ (derived units) ขึ้น

หน่วยอนุพันธ์ คือ หน่วยที่เกิดจากการรวมกันของหน่วยฐาน SI โดยการคูณ หรือ หาร เพื่อใช้ในการบรรยายปริมาณต่างๆ ซึ่งหน่วยอนุพันธ์สามารถมีได้มากมายไม่จำกัด เพียงแต่เลือกหน่วยฐานมาประกอบกัน เช่น

ปริมาณ	หน่วย	สัญลักษณ์
พื้นที่	ตารางเมตร	m^2
ปริมาตร	ลูกบาศก์เมตร	m^3
อัตราเร็ว	เมตรต่อวินาที	m/s
ความเร่ง	เมตรต่อวินาทีกำลังสอง	m/s^2
โมเมนตัม	กิโลกรัม-เมตรต่อวินาที	$kg \cdot m/s$
ความหนาแน่น	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	kg/m^3

คำอุปสรรคในระบบ SI

- ถ้าค่าของหน่วยมูลฐานหรือหน่วยอนุพัทธ์ มากหรือน้อยเกินไป การเขียนแบบธรรมดาจะยุ่งยาก เช่น
ความเร็วแสงมีค่าประมาณ 300,000,000 เมตรต่อวินาที
มวลของอิเล็กตรอนมีค่าประมาณ 0.000 000 000 000 000 16 กิโลกรัม
- สามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนรูปแบบการเขียนจำนวนให้เป็น
การเขียนในรูป 10 ยกกำลัง เช่น 10^8
- และเพื่อความสะดวกจึงมีการกำหนดคำอุปสรรค (prefix) มาใช้แทน ค่า 10 ยกกำลังเหล่านั้น

เลขยกกำลังบวก			เลขยกกำลังลบ		
10^2	<i>hecto</i>	<i>h</i>	10^{-2}	<i>centi</i>	<i>c</i>
10^3	<i>kilo</i>	<i>k</i>	10^{-3}	<i>milli</i>	<i>m</i>
10^6	<i>mega</i>	<i>M</i>	10^{-6}	<i>micro</i>	μ
10^9	<i>giga</i>	<i>G</i>	10^{-9}	<i>nano</i>	<i>n</i>
10^{12}	<i>tera</i>	<i>T</i>	10^{-12}	<i>pico</i>	<i>p</i>
10^{15}	<i>peta</i>	<i>P</i>	10^{-15}	<i>femto</i>	<i>f</i>
10^{18}	<i>exa</i>	<i>E</i>	10^{-18}	<i>atto</i>	<i>a</i>

1. 2.05 μm	= 2.05×10^{-6}	m	=		m
2. 8.289 nm	= $8.289 \times 10^{-9} \times (10^2 \times 10^{-2})$	m	=	8.289×10^{-7}	cm
3. 19.628 Gs	= $19.628 \times 10^9 \times (10^3 \times 10^{-3})$	s	=	19.628×10^{12}	ms
4. 4.25 m	= $4.25 \times (10^9 \times 10^{-9})$	m	=	4.25×10^9	nm
5. 1 h	= $1 \times 60 \times 60$	s	=	3,600	s
6. 5 h	= 5×60	min	=	300	min
7. 54000 s	= $54,000 \times \left(\frac{1}{3,600}\right)$	h	=	15	h
8. 50.42 g	= $50.42 \times (10^{-3} \times 10^3)$	g	=	50.42×10^{-3}	kg
9. 45 μg	= $45 \times 10^{-6} \times (10^3 \times 10^{-3})$	g	=	45×10^{-3}	mg

คำถวม : $\text{cm}^2 \rightarrow$ ตารางเซนติเมตร $\rightarrow 10^{-2} \times 10^{-2}$

$\text{cm}^3 \rightarrow$ ลูกบาศก์เซนติเมตร $\rightarrow 10^{-2} \times 10^{-2} \times 10^{-2}$

ขั้นตอน

1. แปลงเลขของโจททย์ให้เป็นหน่วยปกติ
2. ดูหน่วยที่ต้องการแปลง แล้วนำเลขยกกำลังมาคูณ เพื่อให้มีค่าเป็น 1

15. $2.05 \mu\text{m}^2 = ? \text{ m}^2$

$$2.05 \mu\text{m}^2 = 2.05 \times 10^{-6} \times 10^{-6} = 2.05 \times 10^{-12} \text{ m}^2$$

16. $8.289 \text{ nm}^2 = ? \text{ cm}^2$

$$8.289 \text{ nm}^2 = 8.289 \times 10^{-9} \times 10^{-9} \times (10^2 \times 10^{-2}) \times (10^2 \times 10^{-2}) = 8.289 \times 10^{-14} \text{ cm}^2$$

17. $19.628 \text{ Gs}^2 = ? \text{ Ms}^2$

18. $4.25 \text{ m}^3 = ? \text{ Nm}^3$

19. $150 \text{ Mm}^3 = ? \mu\text{m}^3$

$$19. \quad 147 \frac{\text{kg}}{\mu\text{m}^2} = ? \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$147 \frac{\text{kg}}{\mu\text{m}^2} = 147 \times \frac{1}{10^{-6} \times 10^{-6}} = 147 \times 10^{12} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$20. \quad 21.89 \frac{\text{mg}}{\text{nm}^2} = ? \frac{\text{Gg}}{\text{pm}^2}$$

$$21.89 \frac{\text{mg}}{\text{nm}^2} = 21.89 \times \frac{10^{-3}}{10^{-9} \times 10^{-9}} \times \frac{10^{-9} \times 10^9}{(10^{12} \times 10^{-12})(10^{12} \times 10^{-12})}$$

$$21.89 \frac{\text{mg}}{\text{nm}^2} = 21.89 \times 10^{-18} \frac{\text{Gg}}{\text{pm}^2}$$

$$21. \quad 2.46 \times 10^4 \frac{\text{g} \cdot \mu\text{m}}{\text{ns}^2} = ? \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

$$22. \quad 7.39 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = ? \frac{\text{cm}^3}{\mu\text{s}}$$

ปริมาณทางฟิสิกส์

เมื่อพิจารณาปริมาณต่างๆ ที่พบเห็นกันอยู่เสมอในวิชาวิทยาศาสตร์ และในชีวิตประจำวัน เช่น มวล ความยาว แรง ความเร็ว น้ำหนัก เป็นต้น จะพบว่าปริมาณบางอย่างบอกแต่ขนาดอย่างเดียวก็มีความหมายสมบูรณ์ แต่บางกรณี บางอย่างบอกเฉพาะขนาดอย่างเดียวก็มีความหมายไม่สมบูรณ์ ต้องบอกทิศทางควบคู่ไปด้วย

ปริมาณในทางฟิสิกส์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปริมาณสเกลาร์ (Scalar Quantities) เป็นปริมาณที่บอกแต่ขนาดเพียงอย่างเดียวมีความหมายสมบูรณ์ เช่น มวล ความยาว เวลา ระยะทาง ปริมาตร อุณหภูมิ งาน พลังงาน ฯลฯ

2. ปริมาณเวกเตอร์ (Vector Quantities) เป็นปริมาณที่จะต้องระบุทั้งขนาดและทิศทางจึงจะมีความสมบูรณ์ เช่น การกระจัด ความเร็ว แรง ความเร่ง โมเมนต์ ทอร์ก สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก ฯลฯ

1. การบรรยายเกี่ยวกับ เวกเตอร์ บรรยายได้กี่วิธี อะไรบ้าง

2 วิธี คือ

1. บอกในรูปองค์ประกอบเวกเตอร์ $\rightarrow \vec{a} = 3\hat{i} + 4\hat{j}$

2. บอกในรูปขนาดและทิศทาง $\rightarrow \vec{a} = 5 \angle 53$

2. ก. ในการหาขนาดของ เวกเตอร์ หาได้อย่างไร $\rightarrow |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

ข. ในการหาทิศทางของ เวกเตอร์ หาได้อย่างไร $\rightarrow \theta = \tan^{-1} \left(\frac{a_y}{a_x} \right)$

$$\vec{a} = 3\hat{i} + 4\hat{j} \rightarrow \text{Pol} (3, 4) = 5 \angle 53$$

$$\vec{a} = 5 \angle 53 \rightarrow \text{Rec} (5, 53) = 3\hat{i} + 4\hat{j}$$

3. การคูณ เวกเตอร์ คูณกันแล้วได้ผลที่ลักษณะ อะไรบ้าง

4. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย คืออะไร หาได้อย่างไร

3. การคูณ เวกเตอร์ คูณกันแล้วได้ผลที่ลักษณะ อะไรบ้าง
ได้ 2 ลักษณะ

Dot Product		Cross Product	
$\vec{A} \cdot \vec{B}$	\rightarrow ปริมาณสเกลาร์	$\vec{A} \times \vec{B}$	\rightarrow ปริมาณเวกเตอร์
$\vec{A} \cdot \vec{B}$	$= \vec{A} \vec{B} \cos \theta$	$\vec{A} \times \vec{B}$	$= \vec{A} \vec{B} \sin \theta$

4. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย คืออะไร หาได้อย่างไร

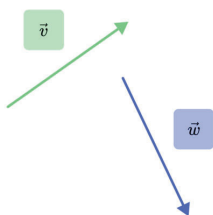
คือ เวกเตอร์ที่มี ขนาดเท่ากับ 1 และมี ทิศทางไปตามเวกเตอร์ต้นแบบ

หาได้โดย $\hat{a} = \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|} = \frac{\text{เวกเตอร์}}{\text{ขนาดของเวกเตอร์}}$

$$\text{ตัวอย่าง } \vec{a} = 3\hat{i} + 4\hat{j} \rightarrow \hat{a} = \frac{3\hat{i} + 4\hat{j}}{5} = 0.6\hat{i} + 0.8\hat{j}$$

$$\rightarrow \hat{a} = 1 \angle 53$$

การบวกเวกเตอร์



การบวกเวกเตอร์ โดยการ วาดรูป

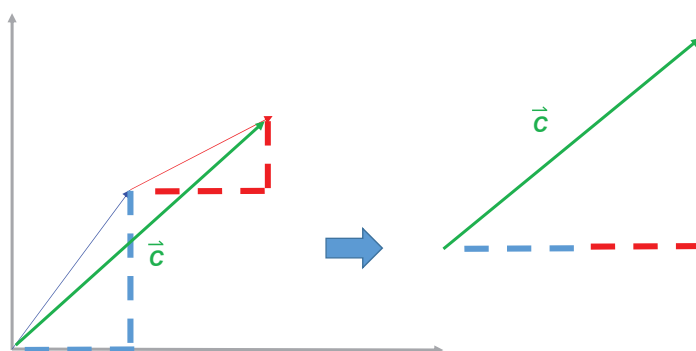
ทำได้โดย การนำเวกเตอร์ตัวที่ 2 มาต่อกับหางของเวกเตอร์ตัวที่ 1 ผลลัพธ์ สลากเวกเตอร์จากหางตัวที่ 2 ไปยังหัวตัวที่ 1

การบวกเวกเตอร์ โดยการคำนวณ

พิจารณาเวกเตอร์ $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$ ดังรูป

$$\vec{C}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x$$

$$\vec{C}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y$$



สำหรับการคำนวณ

$$\vec{a} = 7\hat{i} + 15\hat{j}$$

$$|\vec{a}| = \text{Pol}(7, 15) = 16.55$$

$$\theta = 64.98^\circ$$

สำหรับเครื่องคิดเลข

ถ้าโจทย์กำหนด องค์ประกอบเวกเตอร์ มาให้ แล้วให้หา ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ กต $\text{Pol}(a_x, a_y)$

สำหรับการคำนวณ

ถ้า $|\vec{a}| = 16.55$ และ $\theta = 64.98^\circ$ แล้ว

$$a_x = 7$$

$$a_y = 15$$

สำหรับเครื่องคิดเลข

ถ้าโจทย์กำหนด ขนาดและทิศทางเวกเตอร์ มาให้แล้วให้หา องค์ประกอบของเวกเตอร์ กต $\text{Rec}(r, \theta)$

ตัวอย่าง 1 จงหาขนาดและทิศทางของผลรวมเวกเตอร์ $\vec{A} = 2\hat{i} + 2\hat{j}$ และ $\vec{B} = 2\hat{i} - 4\hat{j}$

[4.5, -27°]

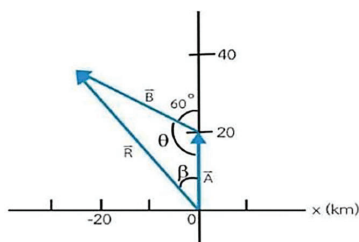
$$\vec{A} + \vec{B} = (2\hat{i} + 2\hat{j}) + (2\hat{i} - 4\hat{j})$$

$$\vec{A} + \vec{B} = (2\hat{i} + 2\hat{i}) + (2\hat{j} - 4\hat{j}) \quad \text{สังเกต การบวกจะบวกเทอมที่อยู่ในแกนเดียวกัน}$$

$$\vec{A} + \vec{B} = 4\hat{i} - 2\hat{j}$$

$$|\vec{A} + \vec{B}| = \text{Pol}(4, -2) = 4.5 \angle -27$$

ตัวอย่าง 2 รถยนต์คันหนึ่งเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือเป็นระยะทาง 20 km จากนั้นเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันตกเป็นระยะทาง 35 km โดยแนวการเคลื่อนที่ที่เอียงทำมุม 60° กับแนวการเคลื่อนที่เดิม ดังรูป จงหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ของการเคลื่อนที่ของรถยนต์คันนี้ [48 ∠ 129]



$$\vec{A} = 20\hat{j}$$

$$\begin{aligned} \vec{B} &= 35 \angle (90 + 60) = \text{Rec}(35, 150) \\ &= -30.3\hat{i} + 17.5\hat{j} \end{aligned}$$

$$\vec{A} + \vec{B} = 20\hat{j} + (-30.3\hat{i} + 17.5\hat{j})$$

$$\vec{A} + \vec{B} = -30.3\hat{i} + 37.5\hat{j}$$

$$\vec{A} + \vec{B} = \text{Pol}(-30.3, 37.5) = 48.2 \angle 129$$

ตัวอย่าง 3 จงหาองค์ประกอบสเกลาร์ตามแกน x และแกน y ของการกระจัดต่อไปนี้ในระนาบ xy

ก. 300 cm ทำมุม 127 องศา

$[-180.54 \text{ cm และ } 239.59 \text{ cm}]$

ข. 500 cm ทำมุม 220 องศา

$[-383.02 \text{ cm และ } -321.39 \text{ cm}]$

$$\text{ก. } \vec{A} = 300 \angle 127$$

$$\vec{A} = \text{Rec}(300, 127)$$

$$\vec{A} = -180.54 \hat{i} + 239.59 \hat{j}$$

$$a_x = -180.54 \text{ cm}$$

$$a_y = 239.59 \text{ cm}$$

$$\text{ข. } \vec{A} = 500 \angle 220$$

$$\vec{A} = \text{Rec}(500, 220)$$

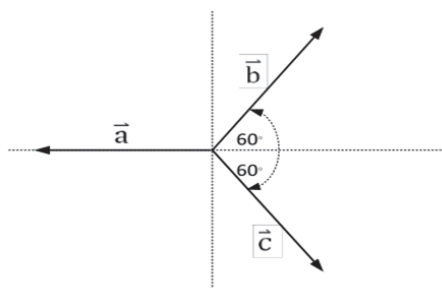
$$\vec{A} = -383.02 \hat{i} - 321.39 \hat{j}$$

$$a_x = -383.02 \text{ cm}$$

$$a_y = -321.39 \text{ cm}$$

ตัวอย่าง 4 จากภาพ เวกเตอร์ \vec{a} , \vec{b} และ \vec{c} มีขนาดเท่ากับ 100, 150 และ 200 ตามลำดับ จงหาขนาดและทิศทางของ เวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$

$[86 \text{ และ } -29^\circ]$



$$\vec{A} = -100 \hat{i}$$

$$\vec{B} = 150 \angle 60 = \text{Rec}(150, 60) = 75 \hat{i} + 130 \hat{j}$$

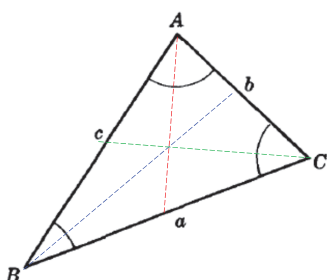
$$\vec{C} = 200 \angle -60 = \text{Rec}(200, -60) = 100 \hat{i} - 173.2 \hat{j}$$

$$\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = -100 \hat{i} + (75 \hat{i} + 130 \hat{j}) + (100 \hat{i} - 173.2 \hat{j})$$

$$\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 75 \hat{i} - 43.2 \hat{j}$$

$$\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \text{Pol}(75, -43.2) = 86.55 \angle -29.9$$

สามเหลี่ยม ABC มีด้านประกอบ a , b และ c และมุม A , B และ C ดังรูป



กฎของ cosine

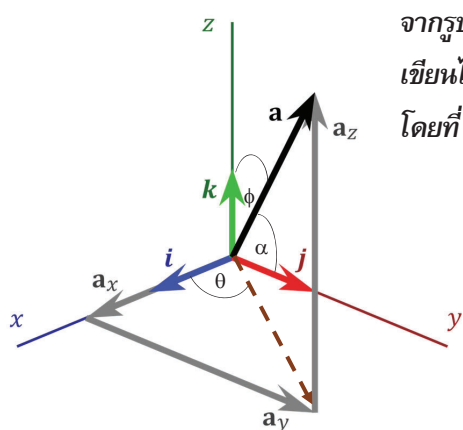
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2bc \cos C$$

กฎของ sine

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

กฎของ sine : $\frac{\text{ความยาวด้านตรงข้ามมุม}}{\sin(\text{มุม})}$

เวกเตอร์ 3 มิติ



จากรูป จะเห็นได้ว่า \vec{a} สามารถระบุได้ด้วยเวกเตอร์องค์ประกอบ a_x , a_y และ a_z เขียนได้เป็น $\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$

โดยที่ \hat{i} , \hat{j} และ \hat{k} เป็น เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทาง x , y และ z ตามลำดับ

ถ้าให้เวกเตอร์ \vec{a} ทำมุม ϕ กับแกน z

เมื่อฉายภาพของเวกเตอร์ \vec{a} ลงบนระนาบ $x-y$ สมมติให้ได้ \vec{a}_{xy} ทำมุม θ กับแกน x

จากรูปจะได้ว่า $a_z = a \cos \phi$ และ $a_{xy} = a \sin \phi$

และ $a_x = a \sin \phi \cos \theta$ และ $a_y = a \sin \phi \sin \theta$

$$\text{มุม } \phi \text{ หาได้จาก } \tan \phi = \frac{a_z}{a_{xy}}$$

$$\text{มุม } \theta \text{ หาได้จาก } \tan \theta = \frac{a_x}{a_y}$$

หากกำหนดมุม α เป็นมุมที่เวกเตอร์ \vec{a} ทำกับแกน y

$$\text{มุม } \alpha \text{ หาได้จาก } \tan \alpha = \frac{a_y}{a_{xz}}$$

3. การคูณ เวกเตอร์ คูณกันแล้วได้ผลที่ลักษณะ อะไรบ้าง
ได้ 2 ลักษณะ

Dot Product		Cross Product	
$\vec{A} \cdot \vec{B}$	→ ปริมาณสเกลาร์	$\vec{A} \times \vec{B}$	→ ปริมาณเวกเตอร์
$ \vec{A} \cdot \vec{B} $	= $ \vec{A} \vec{B} \cos \theta$	$ \vec{A} \times \vec{B} $	= $ \vec{A} \vec{B} \sin \theta$

4. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย คืออะไร หาได้อย่างไร

คือ เวกเตอร์ที่มี ขนาดเท่ากับ 1 และมี ทิศทางไปตามเวกเตอร์ต้นแบบ

หาได้โดย $\hat{a} = \frac{\vec{a}}{|\vec{a}|} = \frac{\text{เวกเตอร์}}{\text{ขนาดของเวกเตอร์}}$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง } \vec{a} = 3\hat{i} + 4\hat{j} &\rightarrow \hat{a} = \frac{3\hat{i} + 4\hat{j}}{5} = 0.6\hat{i} + 0.8\hat{j} \\ &\rightarrow \hat{a} = 1 \angle 53 \end{aligned}$$

การคูณเวกเตอร์

กรณี คูณแบบ dot product → ได้ผลลัพธ์ เป็นปริมาณ สเกลาร์ (Scalar)

เงื่อนไข สำหรับเวกเตอร์ใดๆ เมื่อมีการคูณแบบ dot product แล้ว

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta \quad \text{เมื่อ } \theta \text{ เป็นมุมระหว่างเวกเตอร์ } \vec{A} \text{ และ } \vec{B}$$

ตัวอย่าง 5 $\vec{A} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$ และ $\vec{B} = b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k}$

$$\begin{aligned} \vec{A} \cdot \vec{B} &= a_x b_x (\hat{i} \cdot \hat{i}) + a_x b_y (\hat{i} \cdot \hat{j}) + a_x b_z (\hat{i} \cdot \hat{k}) + a_y b_x (\hat{j} \cdot \hat{i}) + a_y b_y (\hat{j} \cdot \hat{j}) + a_y b_z (\hat{j} \cdot \hat{k}) \\ &\quad + a_z b_x (\hat{k} \cdot \hat{i}) + a_z b_y (\hat{k} \cdot \hat{j}) + a_z b_z (\hat{k} \cdot \hat{k}) \end{aligned}$$

เพราะ $\hat{i} \cdot \hat{j} = (1)(1) \cos 90^\circ$ เนื่องจาก $\hat{i} \perp \hat{j} \perp \hat{k}$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

ตัวอย่าง 6 $\vec{A} = 3\hat{i} + 4\hat{j} + \hat{k}$ และ $\vec{B} = -\hat{i} + 2\hat{j} - 5\hat{k}$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = [(3)(-1)] + [(4)(2)] + [(1)(-5)] = -3 + 8 - 5 = 0$$

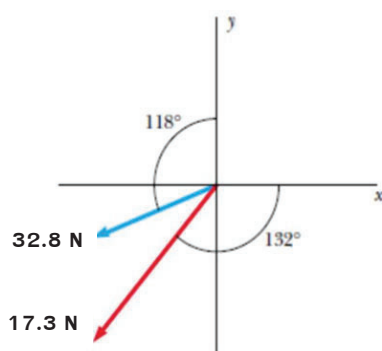
ตัวอย่าง 7 $\vec{A} = 5\hat{i} - 4\hat{j} + 3\hat{k}$ และ $\vec{B} = -\hat{i} + \hat{j} - \hat{k}$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = [(5)(-1)] + [(-4)(1)] + [(3)(-1)] = -5 - 4 - 3 = -12$$

ตัวอย่าง 8 $\vec{A} = \hat{i} + \hat{j} + \hat{k}$ และ $\vec{B} = -\hat{i} - \hat{j} - \hat{k}$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = [(1)(-1)] + [(1)(-1)] + [(1)(-1)] = -1 - 1 - 1 = -3$$

ตัวอย่าง 9 จงหาผลคูณสเกลาร์ของเวกเตอร์ดังรูป [533.39 N]



ขั้นตอนการแก้ปัญหา

1. แปลง \vec{A} และ \vec{B} ให้อยู่ในรูป องค์ประกอบเวกเตอร์ โดยใช้ Rec (ขนาด, มุม)
2. หาค่า $\vec{A} \cdot \vec{B}$ โดยใช้ \vec{A} และ \vec{B} ที่ได้จากข้อ 1

$$\vec{A} = 32.8 \angle 118 = \text{Rec}(32.8, 118+90) = -28.96\hat{i} - 15.40\hat{j}$$

$$\vec{B} = 17.3 \angle -132 = \text{Rec}(17.3, -132) = -11.58\hat{i} - 12.85\hat{j}$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = [(-28.96)(-11.58)] + [(-15.40)(-12.85)]$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = 335.36 + 197.89 = 533.25$$

การคูณเวกเตอร์

กรณี คูณแบบ cross product → ได้ผลลัพธ์ เป็นปริมาณ เวกเตอร์ (Vector)

เงื่อนไข สำหรับเวกเตอร์ใดๆ เมื่อมีการคูณแบบ cross product แล้ว

$$\vec{A} \times \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \theta \quad \text{เมื่อ } \theta \text{ เป็นมุมระหว่างเวกเตอร์ } \vec{A} \text{ และ } \vec{B}$$

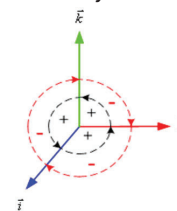
ตัวอย่าง 10 $\vec{A} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j} + a_z \hat{k}$ และ $\vec{B} = b_x \hat{i} + b_y \hat{j} + b_z \hat{k}$

$$\vec{A} \times \vec{B} = a_x b_x (\hat{i} \times \hat{i}) + a_x b_y (\hat{i} \times \hat{j}) + a_x b_z (\hat{i} \times \hat{k}) + a_y b_x (\hat{j} \times \hat{i}) + a_y b_y (\hat{j} \times \hat{j}) + a_y b_z (\hat{j} \times \hat{k}) \\ + a_z b_x (\hat{k} \times \hat{i}) + a_z b_y (\hat{k} \times \hat{j}) + a_z b_z (\hat{k} \times \hat{k}) \quad \text{เพราะ } \hat{i} \times \hat{i} = (1)(1) \sin 0^\circ$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = a_x b_y (\hat{i} \times \hat{j}) + a_x b_z (\hat{i} \times \hat{k}) + a_y b_x (\hat{j} \times \hat{i}) + a_y b_z (\hat{j} \times \hat{k}) + a_z b_x (\hat{k} \times \hat{i}) + a_z b_y (\hat{k} \times \hat{j})$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = a_x b_y \hat{k} - a_x b_z \hat{j} - a_y b_x \hat{k} + a_y b_z \hat{i} + a_z b_x \hat{j} - a_z b_y \hat{i}$$

หรือพิจารณาเครื่องหมายผลคูณเวกเตอร์ ดังรูป



$$\vec{A} \times \vec{B} = a_x b_y \hat{k} - a_x b_z \hat{j} - a_y b_x \hat{k} + a_y b_z \hat{i} + a_z b_x \hat{j} - a_z b_y \hat{i}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = a_y b_z \hat{i} + a_z b_x \hat{j} + a_x b_y \hat{k} - a_y b_x \hat{k} - a_z b_y \hat{i} - a_x b_z \hat{j}$$

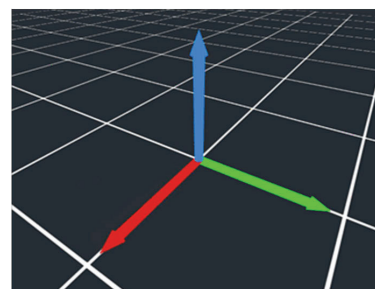
การหาทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ จากการ cross product

สามารถหาได้จาก กฎมือขวา

จากรูป เป็น $\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$

โดยการหันฝ่ามือไปทางเวกเตอร์ \vec{B} นิ้วทั้ง 4 แทนเวกเตอร์ \vec{A}

หมุนวนไปทาง เวกเตอร์ \vec{B} ได้ผลลัพธ์เป็นเวกเตอร์ \vec{C} ซึ่งแทนด้วยนิ้วหัวแม่มือ



ตัวอย่าง 11 จงหาผลคูณแบบ cross product

$$[193.81 \hat{k}]$$

$$\vec{A} = 32.8 \angle 118 = \text{Rec} (32.8, 118+90) = -28.96 \hat{i} - 15.40 \hat{j}$$

$$\vec{B} = 17.3 \angle -132 = \text{Rec} (17.3, -132) = -11.58 \hat{i} - 12.85 \hat{j}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ -28.96 & -15.40 & 0 \\ -11.58 & -12.85 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j \\ -28.96 & -15.40 \\ -11.58 & -12.85 \end{vmatrix}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = [0 \ 0 \ 0] \hat{i} + [0 \ 0 \ 0] \hat{j} + [(-28.96)(-12.85) - (-11.58)(-15.40)] \hat{k}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = [372.14 - 178.33] \hat{k} = 193.81 \hat{k}$$

ตัวอย่าง 12 กำหนด $\vec{A} = 3\hat{i} + 4\hat{j}$ และ $\vec{B} = -2\hat{i} - 2\hat{j}$ จงหา

ก. $\vec{A} + \vec{B}$

$$[\hat{i} + 2\hat{j}]$$

ข. $\vec{A} - \vec{B}$

$$[5\hat{i} + 6\hat{j}]$$

ค. ขนาดและทิศทางของ $\vec{A} + \vec{B}$

$$[\sqrt{5} \angle 63.43]$$

ง. $\vec{A} \cdot \vec{B}$

$$[-14]$$

จ. $\vec{A} \times \vec{B}$

$$[2\hat{k}]$$

ก. $\vec{A} + \vec{B} = (3\hat{i} + 4\hat{j}) + (-2\hat{i} - 2\hat{j}) = \hat{i} + 2\hat{j}$

ข. $\vec{A} - \vec{B} = (3\hat{i} + 4\hat{j}) - (-2\hat{i} - 2\hat{j}) = (2+3)\hat{i} + (4+2)\hat{j} = 5\hat{i} + 6\hat{j}$

ค. $\text{Pol} (1, 2) = \sqrt{5} \angle 63.43$

ง. $\vec{A} \cdot \vec{B} = [(3)(-2)] + [(4)(-2)] = -6 - 8 = -14$

$$\text{จ. } \vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 3 & 4 & 0 \\ -2 & -2 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i & j \\ 3 & 4 \\ -2 & -2 \end{vmatrix}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = [0 \ 0 \ 0] \hat{i} + [0 \ 0 \ 0] \hat{j} + [(3)(-2) - (-2)(4)] \hat{k}$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = [-6 + 8] \hat{k} = 2 \hat{k}$$

ตัวอย่าง 13 เวกเตอร์ \vec{F}_1 เมื่อทำมุมกับเวกเตอร์ \vec{F}_2 ได้ผลลัพธ์มีค่า 20 N แต่เมื่อทำมุม 180° ได้ผลลัพธ์มีค่าเป็น 6 N จงหาค่าของเวกเตอร์ \vec{F}_1 และ \vec{F}_2 [$\vec{F}_1 = 13 \text{ N}$ และ $\vec{F}_2 = 7 \text{ N}$]

เมื่อทำมุม 0° ดังนั้น	$F_2 + F_1$	=	20	
เมื่อทำมุม 180° ดังนั้น	$F_2 - F_1$	=	6	
จะได้ว่า	$2F_2$	=	26	$\rightarrow F_2 = 13$
แทน F_2 ลงไป จะได้ว่า	$13 + F_1$	=	20	$\rightarrow F_1 = 7$



ขอบคุณ ครับ

วิธีสอนและ กิจกรรม	1. การเรียนแบบแก้ปัญหา 2. การสอนแบบบรรยาย	
สื่อการสอน	บรรณานุกรม	1, 6, 7, 8, 9, 10
	เอกสารใช้ประกอบ	1. เอกสารประกอบการสอน 2. ใบงาน 3. แบบฝึกหัด
	วัสดุโสตทัศน	PowerPoint ประจำหน่วยเรียน
งานที่มอบหมาย	ให้ทำแบบฝึกหัดเป็นการบ้าน	
การวัดผล	1. การเขียนบันทึก 2. สังเกตจากการตอบคำถาม 3. แบบทดสอบวัดความเข้าใจ 4. แบบฝึกหัดให้ทำเป็นการบ้าน 5. ความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	
หมายเหตุ :		
.....		
.....		
.....		

บรรณานุกรม

1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. ฟิสิกส์ 1 (ภาคกลศาสตร์)., <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/index/index.htm>., สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2552
2. วีจิต วรรณเลิศลักษณ์ (2560)., ปราบกฎการณ้ดอปเพลอร์., <http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7279-2017-06-13-14-47-52>., สืบค้นเมื่อ 8 กรกฎาคม 2560
3. [http:// en.wikipedia.org/wiki/Huygens-Fresnel_principle](http://en.wikipedia.org/wiki/Huygens-Fresnel_principle)., สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2557
4. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thexp.html#c1> ., สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2557
5. <https://orapanwaipan.wordpress.com/> เกี่ยวกับ/เสียง/สมบัติของคลื่น/., สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2557
6. Hugh D. Young, Roger A. Freedman. (2012). *University Physics : with modern physics – 13th edition*. : Addison – Wesley
7. Jearl Walker, David Halliday and Robert Resnick (2014). *Fundamentals of physics – 10th edition*.: Wiley
8. Paul A. Tipler and Gene Mosca. (2004). *Physics for Scientists and Engineers – 5th edition*. : W. H. Freeman and Company
9. Michael E. Browne (1999). *Schaum's outline of Theory and Problem of Physics for Engineering and Science* : McGraw - Hill
10. Raymond A. Serway and John W. Jewett. Jr. (2014). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics – 9th edition*. : Brooks/Cole