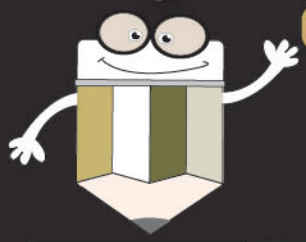
สรุปเข้ม วิทยาศาสตร์

ตามหลักสูตรแกนกลาง พุทธศักราช 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

สำนักพิมพ์ พ.ศ.พัฒนา



ฟิสิกส์ ม.1-2-3

เรียบเรียงโดย
นิรันดร์ สุวรัตน์
กศ.บ. (ฟิสิกส์), ค.ม. (ฟิสิกส์)

สรุปเนื้อหาแบบเข้มข้น
พร้อมแบบฝึกสำหรับ

- เตรียมสอบประจำภาค
- เตรียมสอบ O-NET
- เตรียมสอบเข้า ม.4

หนังสือเล่มนี้พิมพ์จากกระดาษดับเบิ้ล เอ
กระดาษจากต้นนา ช่วยแก้ปัญหาโลกร้อน
กระดาษจากต้นนา

02 279 6222 www.porsor.com @pspattana

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
คู่มือเรียนกลุ่มสาระการเรียนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

สรุปเข้มวิทยาศาสตร์

ฟิสิกส์ ม. 1-2-3

เนื้อหา

- หน่วย
- การเคลื่อนที่แนวตรง
- แรงและกฎการเคลื่อนที่
- การเคลื่อนที่ 2 มิติ
- งาน พลังงานและโมเมนตัม
- เครื่องกล
- โมเมนต์
- ความร้อน
- ของไหล
- คลื่นกล
- เสียง
- แสง
- ไฟฟ้า
- ข้อสอบสรุปเข้ม พร้อมเฉลยละเอียด

เรียบเรียงโดย
นิรันดร์ สุวรัตน์ *กศ.บ. (ฟิสิกส์), ค.ม. ฟิสิกส์ (จุฬา)*

สำนักพิมพ์ พ.ศ.พัฒนา

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ.2558

สรุปเข้ม วิทยาศาสตร์ **ฟิสิกส์** ม. 1-2-3

ผู้เขียน **นิรันดร์ สุวรัตน์**

บรรณาธิการ *อรศรี โรจน์พจนรัตน์*
ผู้ช่วยบรรณาธิการ (ศิลปกรรม) *อมรศักดิ์ บุญเรือง*
พิสูจน์อักษร *นิรันดร์ สุวรัตน์*
พิรุณณิชา ใบสุวรรณ
อรศรี โรจน์พจนรัตน์
รูปเล่ม *อุไรพรรณ บุญเรือง*
ศิลปกรรม *สุพรรษา เทพารส*
ปก *อมรศักดิ์ บุญเรือง*

หนังสือเล่มนี้พิมพ์ด้วย กระดาษดับเบิ้ล เอ
กระดาษจากไม้ปลูก ไม่รบกวนไม้ธรรมชาติ

สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์
และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย
แนะนำหรือวิจารณ์หนังสือเล่มนี้ได้ที่
www.thaibookrecommend.com

จัดพิมพ์ : บริษัทสำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด
12 ซอยหม่อมแผ้ว แยก 3 ถนนพระราม 6 (ซอย 41) แขวงสามเสนใน เขตพญาไท
กรุงเทพมหานคร โทร. *02-279-6222 (อัตโนมัติ 15 คู่สาย) โทรสาร 02-279-6203*

พิมพ์ที่ : เพิ่มทรัพย์ การพิมพ์
117/22 หมู่ 5 ซอยบางไผ่พัฒนา ถนนนครอินทร์ ต. บางไผ่
อ. เมือง จ. นนทบุรี 11000
(ธนพัฒน์ สุขมงคลกุล ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา)

คำนำ

หนังสือ สรุปติวเข้ม วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม. 1 – 2 – 3 เล่มนี้ เขียนขึ้นตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วยเนื้อหาการคำนวณในสาขาฟิสิกส์ ของมัธยมศึกษา ปีที่ 1–3 อย่างสมบูรณ์ ทั้งรายละเอียดด้านเนื้อหา และแบบทดสอบ เหมาะสำหรับนักเรียนที่ใช้ประกอบการเรียนเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวกับการคำนวณในเนื้อหาเกี่ยวกับ ฟิสิกส์ และนำไปใช้เพื่อเตรียมตัวสอบเข้าศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนรัฐบาลทั่วประเทศ

เนื้อหาในหนังสือคู่มือวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.ต้น เล่มนี้ประกอบด้วย เนื้อหา ของวิชาฟิสิกส์ 13 บท ครบถ้วนสมบูรณ์ มีตัวอย่างต่อจากทฤษฎีทุกทฤษฎี มีข้อสรุปที่สำคัญเป็นระยะๆ มีการคิดวิเคราะห์โจทย์ทุกตัวอย่างทุกหัวข้อของแบบทดสอบ พร้อมแนวข้อสอบเข้าเรียนต่อในโรงเรียนรัฐบาลระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ชั้นนำของประเทศ

ผู้เขียนได้อาศัยประสบการณ์จากการสอนและเขียนตำราประกอบการเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาใช้ในการเขียน สรุปติวเข้ม วิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ม. 1 – 2 – 3 เล่มนี้ ขึ้นมาเพื่อช่วยให้นักเรียนในระดับ 1–3 เข้าใจในเนื้อหาฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานในการศึกษาขั้นสูงต่อๆไป หวังว่านักเรียนที่ได้อ่านและศึกษาคู่มือเล่มนี้อย่างตั้งใจ จะประสบความสำเร็จในการเรียนฟิสิกส์ในชั้นต่อๆไป

ด้วยความปรารถนาดี

นิรันดร์ สุวรัตน์

สารบัญ

บทที่ 1 **หน่วยและการบันทึกค่าทางฟิสิกส์** 1

1.1 ความซื่อสัตย์กับการบันทึกข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ 1

1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาอย่างไร 1

1.3 การวัดและหน่วยการวัด 2

1.4 การแปลความหมายข้อมูล 4

1.5 กราฟในวิชาฟิสิกส์ 5

* แบบทดสอบบทที่ 1 หน่วยและการบันทึกค่าทางฟิสิกส์ 9

* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 1 หน่วยและการบันทึกค่าทางฟิสิกส์ 14

บทที่ 2 **การเคลื่อนที่แนวตรง** 17

2.1 ปริมาณทางฟิสิกส์ 17

2.2 ปริมาณเวกเตอร์ 17

2.3 การเคลื่อนที่ของวัตถุ 28

2.4 การบอกตำแหน่งของวัตถุสำหรับการเคลื่อนที่แนวตรง 29

2.5 ระยะทาง (Distance) 29

2.6 การกระจัด (Displacement) 29

2.7 อัตราเร็ว (Speed) 33

2.8 ความเร็ว (Velocity) 34

2.9 ความเร่ง (Acceleration) 36

2.10 เครื่องเคาะสัญญาณเวลา (Ticker timer) 38

2.11 การหาความชัน (slope) ของกราฟ 41

2.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง s - t, v - t 43

2.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) กับเวลา (t) 46
2.14 สมการสำหรับคำนวณหาปริมาณต่างๆ ของการเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร่งคงตัว 49
2.15 การคำนวณการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลก 53
* แบบทดสอบบทที่ 2 การเคลื่อนที่แนวตรง 58
* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 2 การเคลื่อนที่แนวตรง 63

บทที่ 3 **แรงและกฎการเคลื่อนที่** 69
3.1 แรง (FORCE) 69
3.2 มวล (Mass) 74
3.3 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน 74
3.4 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน 75
3.5 น้ำหนัก (Weight) 80
3.6 กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สามของนิวตัน 82
3.7 แรงเสียดทาน (Friction Force) 85
3.8 การเคลื่อนที่ของวัตถุหลายก้อนด้วยความเร่งเท่ากัน 90
3.9 การหาน้ำหนักของวัตถุจากตาชั่งสปริง 96
3.10 การหาแรงปฏิกิริยา และการชั่งน้ำหนักในลิฟต์ 98
* แบบทดสอบบทที่ 3 แรงและกฎการเคลื่อนที่ 104
* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 3 แรงและกฎการเคลื่อนที่ 108

บทที่ 4 **การเคลื่อนที่ 2 มิติ** 113
4.1 การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (Projectile motion) 113
4.2 การเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular motion) 120
* แบบทดสอบบทที่ 4 การเคลื่อนที่ 2 มิติ 215
* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 4 การเคลื่อนที่ 2 มิติ 127

บทที่ 5 **งานพลังงานและโมเมนตัม** 129
5.1 งาน (Work) 129
5.2 การหางานด้วยวิธีคำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟ 133
5.3 กำลัง (Power) 136
5.4 พลังงาน (Energy) 137

5.5 พลังงานจลน์ (Kinetic Energy) 138
5.6 พลังงานศักย์ (Potential Energy) 142
5.7 กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of conservation of energy) 149
5.8 ความหมายของโมเมนตัม 154
5.9 แรงและการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม 155
* แบบทดสอบบทที่ 5 งานพลังงานและโมเมนตัม 160
* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 5 งานพลังงานและโมเมนตัม 163

บทที่ 6 **เครื่องกล** 167
6.1 คาน 168
6.2 รอก 171
6.3 พื้นเอียง 177
6.4 ลิ่ม 179
6.5 ล้อกับเพลา 180
6.6 สกรู 182
* แบบทดสอบบทที่ 6 เครื่องกล 184
* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 6 เครื่องกล 186

บทที่ 7 **โมเมนต์** 189
7.1 จุดศูนย์กลางของมวล (C.M.) และจุดศูนย์ถ่วง (C.G.) 189
7.2 โมเมนต์ (Moment) 190
7.3 สภาพสมดุลต่อการหมุน (Rotational Equilibrium) 194
* แบบทดสอบบทที่ 7 โมเมนต์ 199
* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 7 โมเมนต์ 201

บทที่ 8 **ความร้อน** 204
8.1 ความร้อน (heat) 204
8.2 พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิของสาร 207
8.3 พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร 212
8.4 สมดุลความร้อน 214
8.5 การถ่ายโอนความร้อน 219
* แบบทดสอบบทที่ 8 ความร้อน 220
* เฉลยแบบทดสอบบทที่ 8 ความร้อน 224

บทที่ 9 **ของไหล** 229

9.1 ความหนาแน่น 229

9.2 ความดัน (Pressure) 233

9.3. ความดันของของแข็ง 233

9.4 ความดันในของเหลว 235

9.5 แรงที่ของเหลวกระทำต่อผิวสัมผัส 237

9.6 แรงลอยตัวและหลักของอาร์คิมีดิส 239

9.7 เครื่องมือวัดความดันอากาศ 244

9.8 ความดันอากาศที่ระดับความสูงต่างๆ กัน 246

9.9 ความดันกับจุดเดือดของน้ำ 247

9.10 ความชื้นของอากาศ 249

✳ แบบทดสอบบทที่ 9 ของไหล 256

✳ เฉลยแบบทดสอบบทที่ 9 ของไหล 258

บทที่ 10 **คลื่นกล** 261

10.1 การจำแนกคลื่น 261

10.2 ส่วนประกอบของคลื่น 262

10.3 อัตราเร็วของคลื่น 264

✳ แบบทดสอบบทที่ 10 คลื่นกล 268

✳ เฉลยแบบทดสอบบทที่ 10 คลื่นกล 270

บทที่ 11 **เสียง** 272

11.1 ธรรมชาติของเสียง 272

11.2 การเกิดคลื่นเสียงและการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง 272

11.3 อัตราเร็วของคลื่นเสียง 273

11.4 หูกับการได้ยิน 276

11.5 ความเข้มเสียงและการได้ยิน 280

✳ แบบทดสอบบทที่ 11 เสียง 283

✳ เฉลยแบบทดสอบบทที่ 11 เสียง 285

บทที่ 12 **แสง** 287
12.1 การเคลื่อนที่ของแสง 287
12.2 การสะท้อนแสง (Reflection of Light) 288
12.3 การหาตำแหน่งของภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนวัตถุผิวระนาบเรียบ 289
12.4 การหาตำแหน่งภาพที่เกิดจากการสะท้อนของแสงบนวัตถุผิวโค้งทรงกลม 294
12.5 ประโยชน์จากการใช้กระจกในชีวิตประจำวัน 307
12.6 การหักเหของแสง (Refraction of Light) 307
12.7 การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์บาง 312
12.8 ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง 322
12.9 ทัศนอุปกรณ์ 324
12.10 ความสว่าง (Illuminance) 332
12.11 ตาและการมองเห็นสี 334
12.12 สี (colour) 337
✳ แบบทดสอบบทที่ 12 แสง 340
✳ เฉลยแบบทดสอบบทที่ 12 แสง 343

บทที่ 13 **ไฟฟ้า** 349
13.1 กระแสไฟฟ้า (Electric current) 349
13.2 การนำไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในตัวนำ 349
13.3 กฎของโอห์มและความต้านทาน 352
13.4 สภาพต้านทานและสภาพนำไฟฟ้า 357
13.5 การต่อตัวต้านทาน 360
13.6 แรงเคลื่อนไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า 369
13.7 ค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์ 370
13.8 การต่อเซลล์ไฟฟ้า 371
13.9 พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า 379
13.10 การคิดค่าไฟฟ้า 385
13.11 หม้อแปลง (Transformer) 388
✳ แบบทดสอบบทที่ 13 ไฟฟ้า 392
✳ เฉลยแบบทดสอบบทที่ 13 ไฟฟ้า 396
✯ ข้อสอบสรุปเข้ม 401
✯ เฉลยข้อสอบสรุปเข้ม 408

บทที่ 1
หน่วยและการบันทึกค่าฟิสิกส์

การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาที่มีพื้นฐานมาจากการสังเกต การรวบรวมข้อมูล การทดลองและการคิดหาเหตุผลเป็นต้น วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่มุ่งหากฎเกณฑ์ต่างๆ สำหรับอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ

1.1 ความซื่อสัตย์กับการบันทึกข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนพื้นฐานคือการหาข้อมูลจากการสังเกต และการบันทึกสิ่งต่างๆ ที่สังเกตเห็น งานทางวิทยาศาสตร์บางเรื่องต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลนานมาก เช่น ความรู้เกี่ยวกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของดาวหางบางดวง มีช่วงเวลาการเคลื่อนที่ครบรอบนานถึง 76 ปี การบันทึกข้อมูลไม่สามารถทำได้สำเร็จในช่วงอายุของนักดาราศาสตร์คนหนึ่ง แต่ต้องอาศัยข้อมูลจากการบันทึกของนักดาราศาสตร์รุ่นก่อนส่งต่อมายังนักดาราศาสตร์รุ่นหลัง จึงสรุปผลออกมาถูกต้อง

ดังนั้น การบันทึกข้อมูลของนักดาราศาสตร์หรือนักวิทยาศาสตร์ ต้องบันทึกข้อมูลด้วยความซื่อสัตย์ตามที่สังเกตเห็นจริงๆ จึงจะทำให้นักดาราศาสตร์หรือนักวิทยาศาสตร์ รุ่นต่อๆ มา นำข้อมูลมาใช้เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง จึงทำให้ความรู้ทางดาราศาสตร์มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว

การบันทึกข้อมูลที่ดี มีหลักดังนี้

1. ต้องบันทึกข้อมูลด้วยความซื่อสัตย์ ยุติธรรมไม่ลำเอียง ไม่แทรกความคิดเห็นส่วนตัวลงไปด้วย และบันทึกอย่างรัดกุมรอบคอบ
2. ควรบอกวิธีการสังเกต เครื่องมือที่ใช้
3. ควรบอกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสังเกตด้วย
4. ควรบอกวัน เดือน ปี ที่ทำการสังเกต

1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาอย่างไร

เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาหาความจริงต่างๆ จากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทั้งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ซึ่งการค้นหาความรู้จากปรากฏการณ์ในธรรมชาติทำได้ 2 แนวทาง คือ

1. จากการสังเกต การบันทึก การทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล เพื่อที่จะหาคำอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตนั้น หรือตั้งเป็นทฤษฎีที่เป็นเหตุเป็นผลสอดคล้องกับสิ่งที่สังเกตเห็น หรือผลการทดลองนั้นๆ ขึ้นมาในแนวทางนี้อาจต้องทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในความถูกต้องของคำอธิบายและทฤษฎีนั้นๆ

2. จากการสร้างแบบจำลอง เป็นการใช้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความมีเหตุผล และมีความรู้พื้นฐานในเรื่องนั้นๆ เป็นอย่างดี นำมาประกอบกัน ในการสร้างทฤษฎีใหม่ขึ้นมา ซึ่งไม่เคยคิดกันมาก่อนโดยทฤษฎีที่สร้างขึ้นมานี้จะเป็นที่ยอมรับว่าใช้ได้ก็ต่อเมื่อสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง หรือต้องมีผลการทดลองที่ยืนยันสนับสนุน ทฤษฎีนั้นจึงเป็นที่ยอมรับว่าใช้ได้

1.3 การวัดและหน่วยการวัด

ขั้นตอนหนึ่งของการที่จะได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยการบันทึก การทดลอง โดยการบันทึกและการทดลองที่จะให้ผลเที่ยงแท้แม่นยำ ต้องอาศัย**การวัด** นอกจากนี้แล้วการวัดยังเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของคนเราตั้งแต่เกิดจนลาจากโลกไป สิ่งสำคัญในการวัดมีด้วยกัน 2 ประการ คือ

1. เครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้วัดต้องได้มาตรฐานอันเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป และเหมาะสมกับงานที่ต้องการวัด

2. วิธีการ วิธีการในการวัดต้องเหมาะสมกับเครื่องมือนั้นๆ เพื่อได้ข้อมูลที่ทุกคนยอมรับ นอกจากนี้ในการวัดปริมาณต่างๆ ต้องมีการกำหนดมาตราวัดปริมาณนั้นๆ ให้เหมาะสมกับปริมาณที่วัดได้ ซึ่งมีการพัฒนามาตราวัดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทั้งของไทยและต่างประเทศ ตัวอย่างมาตราวัดความยาวของไทยในอดีตดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1 มาตราวัดความยาวของไทย

12 นิ้ว	=	1 คืบ
2 คืบ	=	1 ศอก
4 ศอก	=	1 วา
20 วา	=	1 เส้น
400 เส้น	=	1 โยชน์

ปัจจุบันมาตราวัดความยาวของไทยในอดีตที่ยังใช้อยู่บ้าง เช่น การวัดความยาวเป็นวา โดย 1 วา มีค่าเท่ากับ 2 เมตร หรือพื้นที่ 1 ตารางวา มีค่าเท่ากับ 4 ตารางเมตร หรือพื้นที่ 1 ไร่ มีค่า 400 ตารางวา เป็นต้น ในต่างประเทศก็มีการใช้มาตราการวัดหลายๆ ระบบด้วยกัน ทำให้เกิดความยุ่งยากในการเปรียบเทียบระหว่างระบบต่างกัน

ในปี พ.ศ. 2503 ได้มีการประชุมร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ จากหลายๆ ประเทศเพื่อตกลงให้มีระบบการวัด ปริมาณต่างๆ เป็นระบบมาตรฐานระหว่างชาติ ที่เรียกว่า **หน่วยระหว่างชาติ (International System of Units หรือ Systeme-International d' Unites)** และกำหนดให้ใช้อักษรย่อแทนชื่อระบบนี้ว่า 'SI' หรือ**หน่วยเอสไอ** (SI unit) เพื่อใช้ในการวัดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระบบหน่วยระหว่างชาติ หรือเอสไอ ประกอบด้วย หน่วยฐาน หน่วยอนุพัทธ์ และคำอุปสรรค ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 หน่วยฐาน (Base Units) เป็นหน่วยหลักของเอสไอ มีทั้งหมด 7 หน่วย ดังตาราง 1.2

ตาราง 1.2 แสดงชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยฐาน

ปริมาณฐาน (Base quantites)	ชื่อหน่วย Units	สัญลักษณ์ Symbols
ความยาว (Length)	เมตร	m
มวล (Mass)	กิโลกรัม	kg
เวลา (Time)	วินาที	s
กระแสไฟฟ้า (Electric Current)	แอมแปร์	A
อุณหภูมิอุณพลวัติ (Thermodynamic Temperature)	เคลวิน	K
ปริมาณของสาร (Amount of Substance)	โมล	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intersity)	แคนเดลา	cd

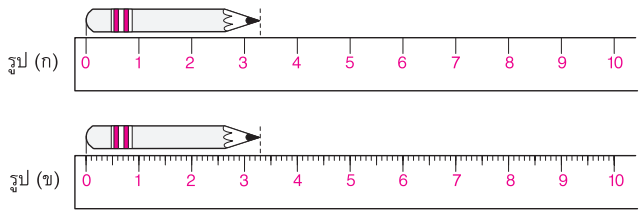
1.3.2 หน่วยอนุพัทธ์ (Derived Units) เป็นหน่วยซึ่งมีหน่วยฐานหลายหน่วยมาเกี่ยวข้องกัน เช่น หน่วยของความเร็วเป็น เมตร/วินาที ซึ่งมีเมตรและวินาทีเป็นหน่วยฐาน หน่วยนี้มีอยู่หลายหน่วย และบางหน่วยก็ใช้ชื่อสัญลักษณ์เป็นพิเศษ ดังตัวอย่างในตาราง 1.3

ตาราง 1.3 แสดงชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยอนุพัทธ์

ปริมาณ Quantity	ชื่อหน่วย Units	สัญลักษณ์ Symbols
ความเร็ว (Velocity)	เมตร/วินาที	m/s
ความเร่ง (Acceleration)	เมตร/วินาที^{2}	m/s^2
แรง (Force)	นิวตัน	N
ความถี่ (Frequency)	เฮิรตซ์	Hz
ความดัน (Pressure)	พาสคาล	Pa
พลังงาน งาน ปริมาณความร้อน	จูล	J
กำลัง ฟลักซ์การแผ่รังสี	วัตต์	W
ประจุไฟฟ้า	คูลอมบ์	C
ศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า	โวลต์	V
ความจุ	ฟารัด	F
ความต้านทาน	โอห์ม	Ω
ความนำ	ซีเมนส์	S

1.3.3 การบันทึกตัวเลขที่เหมาะสม

การบันทึกผลการวัดจะมีความละเอียดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด ตัวเลขที่ได้จากการวัดจึงบอกถึงความละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ดังรูป 1.1



รูป 1.1 *แสดงการวัดโดยเครื่องมือวัดต่างกัน*

จากรูป 1.1 (ก) ไม้บรรทัดมีความละเอียด แค่ 1 เซนติเมตร วัดความยาว AB ได้ 3.3 เซนติเมตร เลขตัวสุดท้าย คือ 3 เป็นตัวเลขที่ประมาณขึ้นมา ซึ่งอาจประมาณเป็น 2 หรือ 4 ก็ได้

จากรูป 1.1 (ข) ไม้บรรทัดมีความละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร วัดความยาว AB ได้ 3.32 เซนติเมตร เลขตัวสุดท้ายคือ 2 เป็นตัวเลขที่ประมาณขึ้นมา ซึ่งอาจประมาณเป็น 1 หรือ 3 ก็ได้

ดังนั้นการบันทึกตัวเลขที่เหมาะสม ต้องบันทึกตามค่าที่อ่านได้จริงจากเครื่องมือ และประมาณตัวเลขต่อท้ายอีก 1 ตัว เพื่อให้ผลการวัดใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

1.3.4 การปัดตัวเลข

ผลลัพธ์จากการคำนวณโดยใช้เครื่องคำนวณ มักมีจำนวนตัวเลขหลายหลักซึ่งมากเกินกว่าจำนวนเลขนัยสำคัญจริง การบันทึกผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือตามหลักของเลขนัยสำคัญ จำเป็นต้องปัดตัวเลขที่เกินจำนวนเลขนัยสำคัญออกไป ซึ่งจะมีทั้งการปัดขึ้นและปัดทิ้ง การปัดตัวเลขมีหลักเกณฑ์ดังนี้

1. ตัวเลขที่ปัดทิ้งน้อยกว่า 5 ให้ปัดทิ้ง
2. ตัวเลขที่ปัดทิ้งมากกว่า 5 ให้ปัดตัวหน้าขึ้นอีก 1 (บวกเพิ่มอีก 1)
3. ถ้าตัวเลขที่ปัดทิ้งเป็นเลข 5 จะต้องพิจารณาตัวเลขที่อยู่ข้างหน้า ถ้าเป็นเลขคู่จะปัดทิ้ง ถ้าเป็นเลขคี่ให้ปัดขึ้นอีก 1

เช่น 2.453 (ต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว) **ต้องปัดเป็น 2.45**

3.49 (ต้องการเลขนัยสำคัญ 2 ตัว) **ต้องปัดเป็น 3.5**

1.295 (ต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว) **ต้องปัดเป็น 1.30**
(ปัดขึ้นเพราะหน้าเลข 5 เป็นเลข 9 จำนวนคี่)

1.925 (ต้องการเลขนัยสำคัญ 3 ตัว) **ต้องปัดเป็น 1.92**
(ปัดทิ้งเพราะหน้าเลข 5 เป็นเลข 2 จำนวนคู่)

1.4 การแปลความหมายข้อมูล

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า แนวทางหนึ่งที่ได้มาซึ่งหลักการทางฟิสิกส์ คือ การสังเกตและการวัด แล้วบันทึกข้อมูลเหล่านั้นไว้เพื่อการแปลความหมายข้อมูล กระบวนการแปลความหมายข้อมูลมีด้วยกันหลายรูปแบบ แต่มีจุดประสงค์ คือ แปลความหมายแล้วเข้าใจได้ตรงกัน รวดเร็ว ถูกต้อง เช่น

1.4.1 การบันทึกข้อมูลในตาราง ใช้สำหรับข้อมูลง่ายๆ ไม่ซับซ้อนไม่ต้องวิเคราะห์ใช้กับการจดบันทึกทางสถิติ เช่น เวลากับจำนวน

1.4.2 การนำเสนอข้อมูล เป็นการแสดงการเปรียบเทียบข้อมูล ที่มากกว่า 2 ข้อมูลให้เห็นชัดเจน การนำเสนอข้อมูลอาจทำในรูป

(1) แผนภูมิแท่ง

(2) แผนภูมิวงกลม

(3) แผนภูมิเส้นตรง

1.4.3 การเขียนกราฟระบบพิกัดฉาก เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ สองปริมาณ หรือตัวแปรสองตัวที่เกี่ยวข้องกันแล้วนำค่าปริมาณทั้งสองมาพล็อตลงในกราฟของแกน x และ แกน y

1.5 กราฟในวิชาฟิสิกส์

วิชาฟิสิกส์ในปัจจุบันเป็นหลักสูตรใหม่ที่เน้นการทดลองเสียเป็นส่วนใหญ่ และผลการทดลองที่ได้ออกมามักจะเป็นความสัมพันธ์กันเชิงตัวเลขแล้วนำไปเขียนกราฟระบบพิกัดฉาก แล้วหาสูตรจากกราฟเพื่อสรุปผลการทดลอง ดังนั้นนักเรียนควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟ

กราฟ คือรูปที่เขียนขึ้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสองปริมาณหรือเรียกว่าตัวแปร สองตัวกราฟที่เราจะศึกษานี้เป็นกราฟในระบบพิกัดฉากโดยมีแกน x เป็นแกนนอน และแกน y เป็นแกนยืนและให้ค่าบนแกน x เป็นค่าของตัวแปรที่เรากำหนดไว้ล่วงหน้า เรียกว่า **ตัวแปรอิสระ** สำหรับค่าบนแกน y กำหนดให้เป็นค่าของตัวแปรที่คาดว่าจะแปรตามตัวแปรอิสระเรียกว่า **ตัวแปรตาม**ซึ่งค่าตัวแปรตามนี้จะได้จากการใช้เครื่องวัด

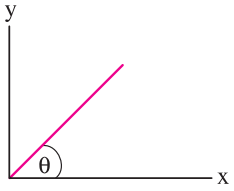
ค่าของ x เรียกว่า **Abscissa** ส่วนค่าของ y เรียกว่า **ordinate**

สำหรับค่า x และ y ที่เหมาะสมกันเป็นคู่ เรียกว่า Co-ordinate จุดต่างๆ ที่พล็อตลงในกราฟจึงเรียกว่า **Co-ordinate**

กราฟที่มักพบในวิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่ ได้แก่ กราฟเส้นตรง และกราฟเส้นโค้ง ดังมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 กราฟเส้นตรง เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของ x และ y คือ x และ y มีกำลังหนึ่งทั้งคู่ ตัวอย่าง เช่น

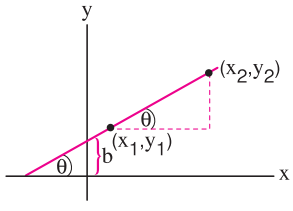
1.



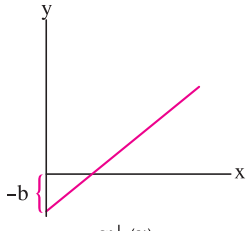
$y = mx$

m เป็นค่าคงที่ถูกกำหนดโดยมุม θ ระหว่างเส้นกราฟกับแกนนอน โดย $m = \tan\theta$ และ m นี้เรียกว่า **ความชัน (Slope) ของเส้นกราฟ**

2.



รูป (ก)



รูป (ข)

จากกราฟ **y = mx + c**

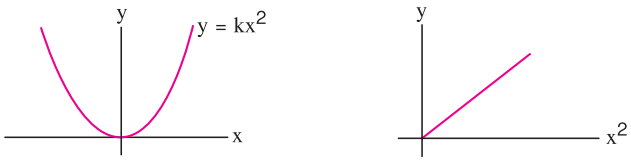
เมื่อ m เป็นความชัน มีค่าเท่ากับ $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

c เป็นค่าคงตัวมีขนาดเท่ากับระยะที่เส้นกราฟตัดแกน y

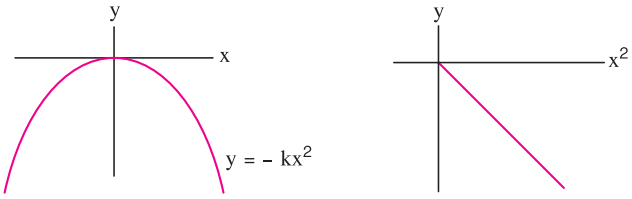
จากรูป (ก) c = b ส่วนรูป (ข) c = -b

1.5.2 กราฟพาราโบลา เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณหนึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอีกปริมาณหนึ่งยกกำลังสอง ตัวอย่างเช่น

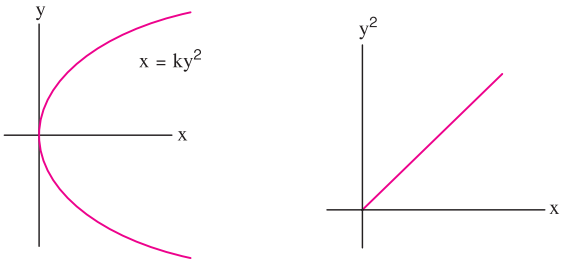
1.



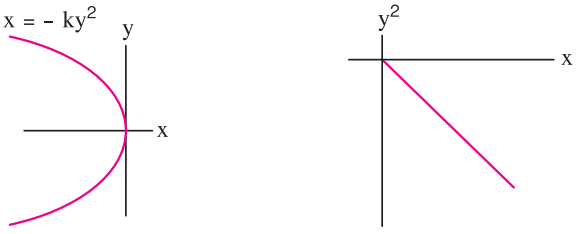
2.



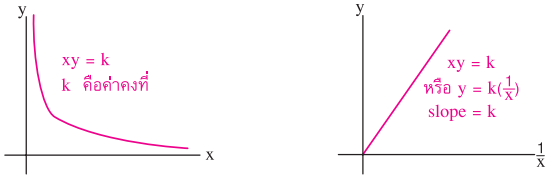
3.



4.



1.5.3. กราฟไฮเปอร์โบลา เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ในลักษณะที่ปริมาณหนึ่งแปรอย่างผกผันกับอีกค่าหนึ่ง โดยปริมาณทั้งสองมีกำลังหนึ่งทั้งคู่ ตัวอย่าง เช่น



สำหรับกราฟไฮเปอร์โบลาที่พบในวิชาฟิสิกส์เป็น**กราฟไฮเปอร์โบลามุมฉาก (Rectangular hyperbola)** เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง y กับ $\frac{1}{x}$ จะได้กราฟเส้นตรงดังรูปข้างบน

หมายเหตุ - *ผลการทดลองเมื่อนำมาพล็อตได้กราฟเส้นตรง จะสรุปเป็นสูตรความสัมพันธ์ได้เลย*
- *ผลการทดลองเมื่อนำมาพล็อตได้กราฟเส้นโค้ง ยังสรุปไม่ได้ต้องเปลี่ยนให้เป็นกราฟเส้นตรงเสียก่อนจึงจะสรุปความสัมพันธ์ได้*

1. จงหา slope จากสมการต่อไปนี้

ก. $2y - 4x = 1$ ข. $3y + 2x = 4$ ค. $5y - 10 = 0$

วิเคราะห์โจทย์ สมการเชิงเส้น $y = mx + c$, m คือ slope

ก. $2y - 4x = 1$

$2y = 4x + 1$

$y = 2x + \frac{1}{2}$

เทียบกับสมการเชิงเส้น $m = 2$ ∴ **slope = 2**

ข. $3y + 2x = 4$

$3y = -2x + 4$

$y = \frac{-2}{3}x + \frac{4}{3}$

เทียบกับสมการเชิงเส้น $m = \frac{-2}{3}$ ∴ **slope = $\frac{-2}{3}$**

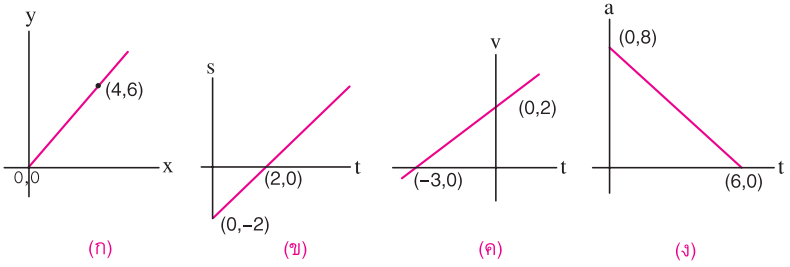
ค. $5y - 10 = 0$

$5y = 10$

$y = 2$

เทียบกับสมการเชิงเส้น $m = 0$ ∴ **slope = 0**

2. จากกราฟต่อไปนี้ จงหาค่า slope ของกราฟ



(ก) (ข) (ค) (ง)

วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ Co-ordinate บนกราฟ 2 จุด สามารถหา slope ได้จาก $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

จาก (ก) $m = \frac{6 - 0}{4 - 0} = \frac{6}{4}$

∴ **slope = 1.5**

(ข) $m = \frac{0 - (-2)}{2 - 0}$

∴ **slope = 1**

(ค) $m = \frac{2 - 0}{0-(-3)}$

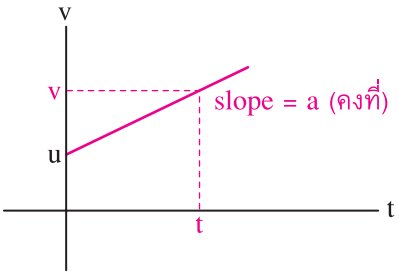
∴ **slope = $\frac{2}{3}$**

(ง) $m = \frac{0 - 8}{6 - 0}$

∴ **slope = $-\frac{4}{3}$**

3. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร่ง a คงที่ ตามสมการดังนี้ v = u + at เมื่อ u คือความเร็วเริ่มต้นที่เวลา t = 0, v คือความเร็ว ที่เวลา t ใดๆ กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง v กับ t ควรมีลักษณะใด

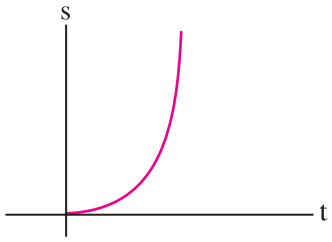
วิเคราะห์โจทย์



จากสมการกราฟเส้นตรง y = mx + c และ v = u + at เปรียบเทียบได้ว่า a = m หรือ slope, กราฟตัดแกน y ที่ c คือ u ดังนั้นสามารถเขียนกราฟระหว่าง v กับ t ได้กราฟเส้นตรงดังรูป

4. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร่ง a คงที่ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด S กับเวลา t ว่า $s = \frac{1}{2} at^2$ จงเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง s กับ t โดยให้ s อยู่บนแกนยืนและ t อยู่บนแกนนอน

วิเคราะห์โจทย์

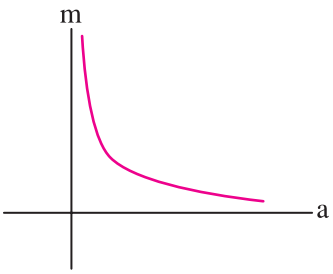


จากสมการ $S = \frac{1}{2} at^2$ โดย S มีกำลังหนึ่ง t มีกำลังสอง $\frac{1}{2}$ a คงที่ลักษณะของกราฟระหว่าง S กับ t ต้องเป็นกราฟรูปพาราโบลา เพราะเมื่อเปรียบเทียบสมการกราฟพาราโบลา $y = kx^2$ แล้วได้ว่า S เปรียบได้กับ y , $\frac{1}{2}$a เปรียบได้กับ k และ t เปรียบได้กับ x ดังนั้นกราฟระหว่าง S กับ t เป็นกราฟพาราโบลาดังรูป

เนื่องจาก t เป็นลบไม่ได้จึงเป็นกราฟพาราโบลาหงายมีเฉพาะค่า t เป็นบวก

5. เมื่อออกแรง (F) คงที่ กระทำกับมวล (m) ขนาดต่างๆ กัน ซึ่งวางบนพื้นที่ไม่มีความฝืด ทำให้มวลเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (a) ขนาดต่างๆ กัน ได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่งดังสมการ F = ma กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง m และ a โดยให้ค่า m อยู่บนแกนยืนและค่า a อยู่บนแกนนอน ควรมีลักษณะใด

วิเคราะห์โจทย์



จากสมการที่กำหนดให้ F = ma เมื่อ F คงที่ ซึ่งเปรียบเทียบกับสมการของกราฟระหว่าง x กับ y ซึ่งเป็นรูปไฮเปอร์โบลามุมฉาก xy = k โดย F คือ k (ค่าคงที่) m คือ y และ a คือ x ได้กราฟระหว่าง m กับ a ดังรูป

แบบทดสอบ

บทที่ 1
หน่วยและการบันทึกค่าฟิสิกส์

1. ปัจจุบันยังมีการใช้มาตราวัดความยาวของไทยกับการวัดในหน่วยใด

1. โยชน์ 2. งาน 3. วา 4. ไร่

2. ในระบบเอสไอ เวลามีหน่วยเป็น

1. วินาที 2. นาที 3. ชั่วโมง 4. ถูกทุกข้อ

3. ปริมาณใดต่อไปนี้เป็นหน่วยฐานทั้งหมด

1. มวล, ความยาว, แรง
2. ระยะทาง, พื้นที่, ปริมาตร
3. มวล, กระแสไฟฟ้า, ปริมาณของสาร
4. อุณหภูมิ, มุม, พลังงาน

4. หน่วย SI ในข้อใดเป็นหน่วยฐานทั้งหมด

1. แอมแปร์ เคลวิน แคนเดลา โมล
2. เมตร องศาเซลเซียส เรเดียน คูลอมป์
3. กิโลกรัม โอห์ม ลูเมน พาสคาล
4. วินาที โวลต์ เวเบอร์ ลักซ์

5. ข้อใดต่อไปนี้เป็นหน่วย อนุพัทธ์ในระบบ SI

1. แอมแปร์
2. จูล
3. โมล
4. แคนเดลา

6. การอ่านค่าจากเครื่องวัดแบบขีดสเกลที่ถูกต้องควรทำอย่างไร

1. ประมาณค่าให้ละเอียดที่สุด
2. มองตั้งฉากกับเครื่องวัด
3. วางเครื่องวัดให้นอนราบ
4. ถูกทุกข้อ

7. การอ่านค่าจากเครื่องวัดแบบแสดงผลด้วยตัวเลขมีหลักการ

1. ประมาณความคลาดเคลื่อนทุกครั้ง
2. อ่านตามที่เห็นจริงๆ จากจอภาพ
3. ต้องประมาณตัวเลขตัวสุดท้าย 1 ตัว
4. ต้องวัดหลายครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

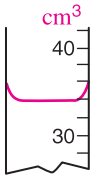
8.

ครั้งที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกปิงปองจำแนกตามวิธีวัด (เซนติเมตร)		
	วัดโดยตรง	ใช้ไฟฉาย	ใช้แท่งไม้
1	2.9	2.8	2.8
2	2.8	2.9	2.8
3	2.7	2.8	2.9
ค่าเฉลี่ย	2.8	2.8	2.8

จากตารางเป็นผลการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกปิงปองด้วยวิธีการวัด 3 วิธี โดยมีวัสดุอุปกรณ์คือ 1 ลูกปิงปอง, 2 ไม้บรรทัดมีความละเอียด = 0.1 เซนติเมตร 3. ไฟฉาย, 4 แท่งไม้รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 2 แท่ง นักเรียนคิดว่าวิธีใด ให้ผลการวัดใกล้ค่าความจริงที่สุด

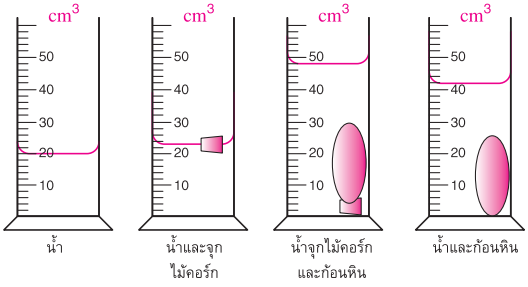
1. วัดโดยตรงด้วยไม้บรรทัด 2. ใช้ไฟฉาย 3. ใช้แท่งไม้ 4. เท่ากันทั้ง 3 วิธี

9. จากรูป เป็นการแสดงผลการวัดปริมาตรของของเหลวในกระบอกตวง ซึ่งควรอ่านค่าได้เท่าใด



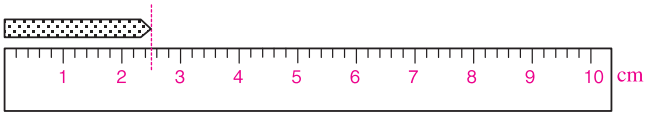
1. 32 cm^3
2. 34 cm^3
3. 35 cm^3
4. 36 $cm3^3$

10. นักเรียนคนหนึ่งต้องการวัดปริมาตรของจุกไม้คอร์กอันหนึ่ง โดยการใช้ก้อนวัตถุทับให้จุกไม้คอร์กจมลงในน้ำดังรูป จากขั้นตอนการทดลองจะอ่านปริมาตรของจุกไม้คอร์กได้เท่าใด



1. 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. 22 ลูกบาศก์เซนติเมตร
4. 28 ลูกบาศก์เซนติเมตร

11. จากรูปที่กำหนดให้ ความยาวที่อ่านได้โดยตรง และค่าที่ต้องประมาณคือข้อใด

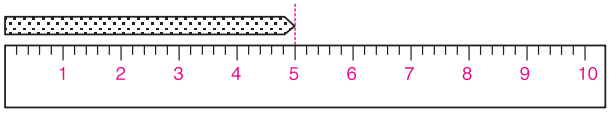


1. 2 cm และ 0.45 cm
2. 2.00 cm และ 0.45 cm
3. 2.40 cm และ 0.05 cm
4. 2.45 cm และ 0.00 cm

12. ปริมาณในข้อใดที่ได้จากการวัดโดยใช้ไม้บรรทัดที่มีความละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร

1. 9 เซนติเมตร
2. 9.0 เซนติเมตร
3. 9.00 เซนติเมตร
4. 9.000 เซนติเมตร

13. จากรูป ควรบันทึกความยาวของดินสอเป็นเท่าใด



1. 5 ซม.
2. 5.0 ซม.
3. 5.00 ซม.
4. ถูกทุกข้อ

14. จุดประสงค์ของการแปลความหมายข้อมูล คือ

1. ให้เข้าใจได้ตรงกัน
2. รวดเร็ว
3. ถูกต้อง
4. ถูกทั้งข้อ 1, 2 และ 3

15. การแปลความหมายข้อมูลทำได้โดยวิธีใด

1. การบันทึกข้อมูลในตาราง
2. การนำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิ
3. การเขียนกราฟระบบพิกัดฉาก
4. ถูกทั้งข้อ 1, 2 และ 3

16. จากตารางเป็นข้อมูลการนับรถยนต์ที่ผ่านเข้าโรงเรียนอนุบาล “เด็กดี” ในวันที่ 12 ม.ค. 2559 ในช่วงเวลา 6.00 - 9.00 น.

เวลา (นาฬิกา)	จำนวนรถที่ผ่านเข้าโรงเรียน
6.00 - 6.30 น.	60
6.30 - 7.00 น.	90
7.00 - 7.30 น.	120
7.30 - 8.00 น.	135
8.00 - 8.30 น.	30
8.30 - 9.00 น.	15

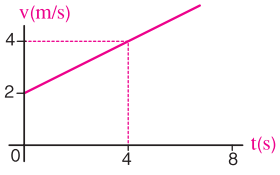
ถ้าสร้างแผนภูมิวงกลม แสดงการนับจำนวนรถยนต์เมื่อเวลา 7.00 - 7.30 น. จะต้องสร้างมุมที่จุดศูนย์กลางกี่องศา

1. 72
2. 96
3. 108
4. 120

17. จากความสัมพันธ์ของปริมาณ 2 ปริมาณ เขียนเป็นสมการได้ว่า $2x + 3y = 6$ เมื่อนำไปเขียนกราฟระบบพิกัดฉากจะได้กราฟมีค่าความชันเท่าไร

1. $\frac{-2}{3}$
2. $\frac{2}{3}$
3. $\frac{-3}{2}$
4. $\frac{3}{2}$

18. จากกราฟที่กำหนดให้ จงหาค่าความชันของกราฟ

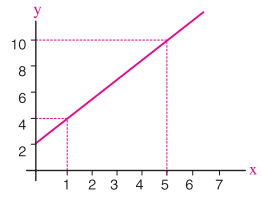


1. $\frac{1}{4}$
2. $\frac{1}{2}$
3. 1
4. 2

19. จากข้อ 18 สามารถเขียนสมการของกราฟได้ว่า

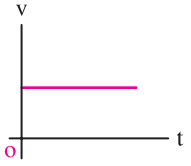
1. $y - x = 2$
2. $y + x = 4$
3. $2y - x = 4$
4. $2y - x = 2$

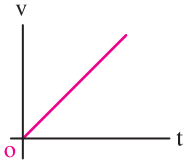
20. จากกราฟที่กำหนดให้ดังรูป จงหาค่าจุดตัดแกน y และค่าความชันของกราฟ

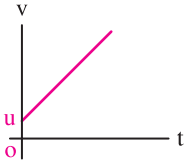


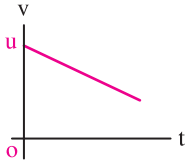
1. 1.5 และ 2.5
2. 2.0 และ 2.0
3. 2.5 และ 1.5
4. 3.0 และ 2.0

21. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ด้วยความหน่วงคงตัว (-a) จะมีความเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (v) สัมพันธ์กับเวลา (t) ตามสมการ $v = u - at$ กราฟของสมการนี้ควรเป็นดังข้อใด

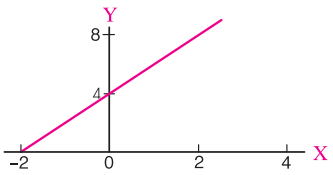
1. 

2. 

3. 

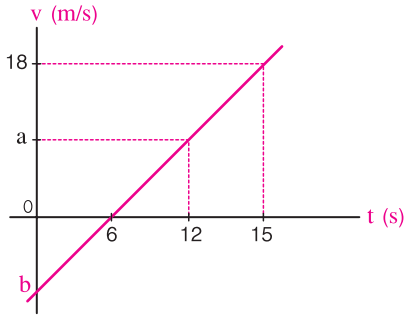
4. 

22. จากกราฟ ข้อใดเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ของกราฟเส้นตรงนี้



1. y = 2x + 4
2. y = 2x - 4
3. y = -2x + 4
4. y = -2x - 4

23. รถยนต์คันหนึ่ง เคลื่อนที่ในแนวตรงได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) กับเวลา (t) ดังกราฟ



การวิเคราะห์และแปลความหมายของกราฟได้ดังนี้

ก. เป็นกราฟเส้นตรง เมื่อเวลาเริ่มต้น t = 0 รถยนต์มีความเร็ว = -6 m/s

ข. สมการความสัมพันธ์ของกราฟคือ v = 3t - 12

ค. ค่าคงตัวของกราฟ = 2 ค่า b = -12

ง. เมื่อเวลา 12 วินาทีแรก รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 12 m/s

คำตอบที่ถูกคือ

1. ข้อ ก และ ข
2. ข้อ ค และ ง
3. ข้อ ก และ ค
4. ข้อ ข และ ง

24. จากกิจกรรมการวัดระยะยืดของแผ่นยาง บันทึกผลการทำกิจกรรมได้ดังตาราง

แรงดึง (N)	ระยะยืด (cm)
50	0.3
100	0.6
150	0.9
200	1.2
250	1.5
300	1.8

ค่าคงตัวของความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและระยะยืดของแผ่นยาง มีค่าเท่าใด

1. 0.03 cm/N
2. 0.06 cm/N
3. 0.003 cm/N
4. 0.006 cm/N

25. รถคันหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ในแนวตรง เมื่อวัดอัตราเร็วกับเวลาได้ความสัมพันธ์ดังข้อมูลในตาราง กำหนดให้ v = อัตราเร็ว, t = เวลา

t(s)	0	2	4	6	8	10
v (m/s)	20	16	12	8	4	0

จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

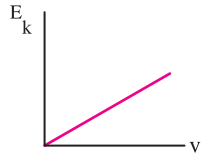
ก. รถเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วลดลง เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

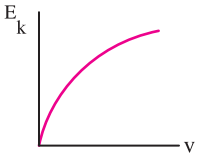
ข. สมการความสัมพันธ์ระหว่าง v กับ t คือ v = 4t + 20

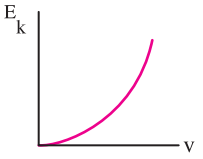
ค. ค่าความชันของกราฟมีค่าเท่ากับ -2

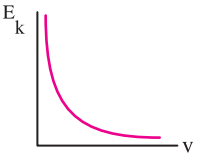
1. ข้อ ก เท่านั้น
2. ข้อ ก และ ข
3. ข้อ ก และ ค
4. ข้อ ก, ข และ ค

26. อนุภาคหนึ่งมีมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v พบว่าอนุภาคนี้จะมีพลังงานจลน์ E_k โดย E_k จะมีความสัมพันธ์กับ m และ v ดังสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ เมื่อมวล m คงที่ กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง E_k กับ v ควรมีลักษณะอย่างไร

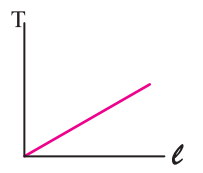
1. 

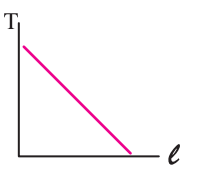
2. 

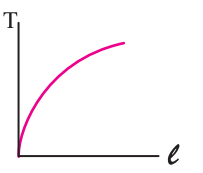
3. 

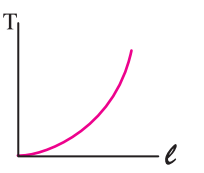
4. 

27. การศึกษาการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาพบว่าคาบการแกว่งของลูกตุ้ม(T)จะเปลี่ยนแปลงโดยสัมพันธ์กับความยาวของสายลูกตุ้ม (ℓ) ตามสมการ $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ จงหากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ ℓ ควรมีลักษณะตามข้อใด

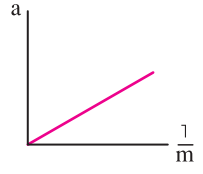
1. 

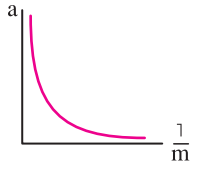
2. 

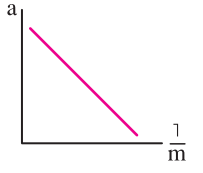
3. 

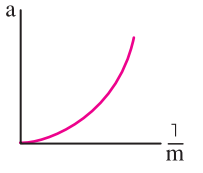
4. 

28. เมื่อออกแรง (F) คงที่กระทำกับมวล (m) ขนาดต่างๆ กัน ซึ่งวางบนพื้นที่ไม่มีความฝืดทำให้มวลเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง (a) ขนาดต่างๆ กันได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวลและความเร่งดังสมการ F = ma กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง a และ $\frac{1}{m}$ จะเป็นดังรูปใด

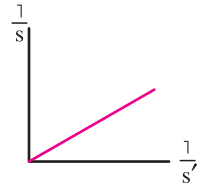
1. 

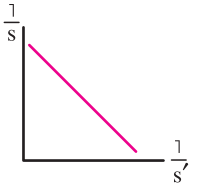
2. 

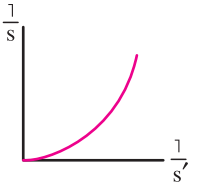
3. 

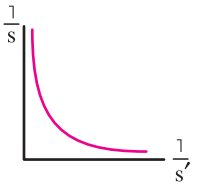
4. 

29. ในการทดลองเรื่องกระจกเว้าเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะวัตถุ (s) ระยะภาพ (s′) และความยาวโฟกัส (f) ได้ความสัมพันธ์ว่า $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ กราฟในข้อใดแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง

1. 

2. 

3. 

4. 

30. จากข้อ 29 ความชันของกราฟมีค่าเท่าใด

1. -1
2. 1
3. เพิ่มขึ้นคงที่
4. ลดลงคงที่

เฉลยแบบทดสอบ
บทที่ 1
หน่วยและการบันทึกค่าฟิสิกส์

1. **วิเคราะห์โจทย์** ปัจจุบันยังใช้มาตราวัดความยาวของไทยคือ วา โดยความยาว 1 วา เท่ากับ 2 เมตร
คำตอบที่ถูกคือข้อ 3

2. **วิเคราะห์โจทย์** ในระบบเอสไอ **เวลามีหน่วยเป็นวินาที** **คำตอบที่ถูกคือข้อ 1**

3. **วิเคราะห์โจทย์** ปริมาณฐานมี 7 ปริมาณ คือ มวล ความยาว เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิอุณพลวัติ ปริมาณของสาร และความเข้มของการส่องสว่าง **คำตอบที่ถูกคือข้อ 3**

4. **วิเคราะห์โจทย์** หน่วยฐานในระบบ SI มี 7 หน่วย ตามปริมาณฐานในข้อ 3 คือ กิโลกรัม, เมตร, วินาที, แอมแปร์, เคลวิน, โมล และแคนเดลา **คำตอบที่ถูกคือข้อ 1**

5. **วิเคราะห์โจทย์** แอมแปร์, โมลและแคนเดลา เป็นหน่วยฐาน ส่วน**จูลเป็นหน่วยอนุพัทธ์** **คำตอบที่ถูกคือข้อ 2**

6. **วิเคราะห์โจทย์** การอ่านค่าจากเครื่องวัดแบบขีดสเกล ผู้อ่านต้องมองตั้งฉากกับขีดสเกลของเครื่องวัดจึงจะอ่านค่าได้ใกล้เคียงความเป็นจริง **คำตอบที่ถูกคือข้อ 2**

7. **วิเคราะห์โจทย์** การอ่านผลการวัดจากเครื่องวัดแบบแสดงผลด้วยตัวเลข คือ อ่านจากตัวเลขที่ปรากฏบนจอภาพได้ทันทีเลย แต่ถ้าต้องการบอกค่าความคลาดเคลื่อนต้องดูจากคู่มือการใช้เครื่อง **คำตอบที่ถูกคือข้อ 2**

8. **วิเคราะห์โจทย์** ในการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกปิงปอง วิธีที่ดีที่สุดคือ ใช้แท่งไม้ 2 แท่ง ประกบที่ผิวด้านข้างของลูกปิงปองแล้ววัดระยะห่างของแท่งไม้ ส่วนการใช้ไฟส่องลูกปิงปองแล้ววัดเงาของลูกปิงปอง จะพบว่าเงาของลูกปิงปองจะใหญ่กว่าขนาดของลูกปิงปอง และวิธีวัดโดยตรงด้วยไม้บรรทัด ค่าที่ได้ก็จะมีความคลาดเคลื่อนมากเพราะค่าที่ได้เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น **คำตอบที่ถูกคือข้อ 3**

9. **วิเคราะห์โจทย์** การอ่านปริมาตรของเหลวในกระบอกตวง ต้องอ่านที่ระดับต่ำสุดของผิวของเหลว จากรูปคือ **34 cm^3**
คำตอบที่ถูกคือข้อ 2

10. **วิเคราะห์โจทย์** จากรูป การทดลองหาปริมาตรจุกคอร์ก = 48 - 42 = **6 cm^3** **คำตอบที่ถูกคือข้อ 2**

11. **วิเคราะห์โจทย์** จากรูปตัวเลขที่อ่านได้โดยตรงคือ 2.40 cm และค่าประมาณคือ 0.05 cm **คำตอบที่ถูกคือข้อ 3**

12. **วิเคราะห์โจทย์** การบันทึกผลการวัดจากไม้บรรทัด ซึ่งมีภาคแสดงผลแบบขีดสเกล ต้องประมาณตัวเลขต่อท้ายอีก 1 ตัว ถ้าไม้บรรทัดมีความละเอียดถึง 0.1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นตัวเลขหลังทศนิยมตำแหน่งที่ 1 เวลาบันทึกต้องบอกถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 คือ 9.00 เซนติเมตร **คำตอบที่ถูกคือข้อ 3**

13. **วิเคราะห์โจทย์** จากรูปเครื่องมือวัดคือ ไม้บรรทัด ซึ่งมีความละเอียดถึง 0.1 ซม. ดังนั้นผู้อ่านต้องประมาณตัวเลขขึ้นมาอีกตัวหนึ่ง ซึ่งเป็นเลขหลังทศนิยมตำแหน่งที่สอง คือต้องบันทึกค่าเป็นเลขทศนิยม 2 ตำแหน่งคือ 5.00 ซม.
คำตอบที่ถูกคือข้อ 3

14. **วิเคราะห์โจทย์** การแปลความหมายข้อมูลเพื่อให้มีความเข้าใจได้ตรงกัน รวดเร็วและถูกต้อง **คำตอบที่ถูกคือข้อ 4**

15. **วิเคราะห์โจทย์** การแปลความหมายข้อมูลทำได้โดย 1. การบันทึกข้อมูลในตาราง 2. การนำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิ 3. การเขียนกราฟระบบพิกัดฉาก **คำตอบที่ถูกคือข้อ 4**

16. วิเคราะห์โจทย์ จำนวนรถทั้งหมด คิดเป็น 360° ช่วงเวลา 7.00 - 7.30 น. มีรถ 120 คิดเป็นกี่องศา

จากจำนวนรถทั้งหมด (60 + 90 + 120 + 135 + 30 + 15) คัน คิดเป็น 360°

$\therefore$ รถ 120 คัน คิดเป็น $\frac{360 \times 120}{450} = 96^\circ$ **คำตอบที่ถูกคือข้อ 2**

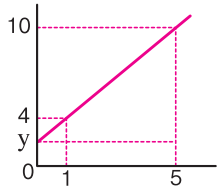
17. วิเคราะห์โจทย์ จาก $2x + 3y = 6$ อาจเขียนใหม่ได้ว่า $y = \frac{-2}{3}x + 2$ เมื่อเปรียบเทียบกับสมการกราฟเส้นตรง $y = mx + c$ ได้ว่า $m = \frac{-2}{3}$ เมื่อ m คือค่าความชัน $\therefore$ **ความชัน** $= \frac{-2}{3}$ **คำตอบที่ถูกคือข้อ 1**

18. วิเคราะห์โจทย์ จากความชัน $= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{4 - 2}{4 - 0} = \frac{1}{2}$ **คำตอบที่ถูกคือข้อ 2**

19. วิเคราะห์โจทย์ จากกราฟข้อ 18 เปรียบเทียบกับสมการกราฟเส้นตรง $y = mx + c$ เมื่อ $m = \frac{1}{2}$ และ c คือจุดตัดของกราฟบนแกน y คือ 2 ดังนั้นเขียนสมการได้ว่า $y = \frac{1}{2}x + 2$ หรือ $2y = x + 4$ หรือ $\mathbf{2y - x = 4}$

คำตอบที่ถูกคือข้อ 3

20. วิเคราะห์โจทย์ จากกราฟ เส้นตรงความชันมีค่าคงที่



$\frac{4 - y}{1 - 0} = \frac{10 - y}{5 - 0}$

$20 - 5y = 10 - y$

$\therefore \quad \mathbf{y = 2.5}$

slope $= \frac{10 - 2.5}{5 - 0} = \mathbf{1.5}$ **คำตอบที่ถูกคือข้อ 3**

21. วิเคราะห์โจทย์ จากสมการเส้นตรง $y = mx + c$ เทียบกับ $v = u - at$ หรือ $v = -at + u$ จะได้กราฟระหว่าง v, t เป็นกราฟเส้นตรง slope มีค่าเป็น (-) ซึ่งตรงกับข้อ 4 **คำตอบที่ถูกคือข้อ 4**

22. วิเคราะห์โจทย์ จากกราฟ เส้นตรงได้สมการ $y = mx + c$ จากโจทย์

$c = 4$, $m = \frac{4}{2} = 2$ ได้ว่า

$y = 2x + 4$ **คำตอบที่ถูกคือข้อ 1**

23. วิเคราะห์โจทย์ กราฟเส้นตรง slope มีค่าคงที่ หา a, b ได้

จาก $\frac{a - 0}{12 - 6} = \frac{18 - 0}{15 - 6}$

$\therefore \quad \mathbf{a = 12}$

จาก $\mathbf{b = -a = -12}$

จาก **slope** $= \frac{18 - 0}{15 - 6} = \mathbf{2}$

พิจารณาทีละตัวเลือก

ก. ที่ $t = 0$, $v = b = -12$ **ข้อ ก ผิด**

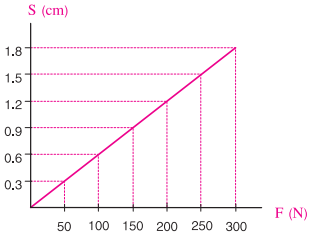
ข. $y = mx + c$ $\therefore$ $v = 2t - 12$ **ข้อ ข ผิด**

ค. ค่าคงตัวหรือ slope $= 2$ $c = -12$ หรือ $b = -12$ **ข้อ ค ถูก**

ง. $t = 12$, $v = a = 12$ **ข้อ ง ถูก**

คำตอบที่ถูกคือข้อ 2

24. วิเคราะห์โจทย์ เขียนกราฟ จากข้อมูลในตาราง โดยให้แรงดึง (F) เป็นแกนนอน ส่วนระยะยืด (s) เป็นแกนยืนต้องการหาค่าความชัน

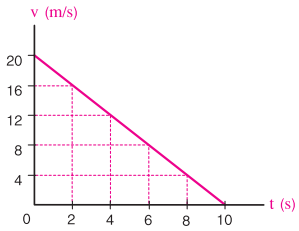


slope $= \frac{1.8}{300}$

$\therefore$ **slope** $= \mathbf{0.006\ cm/N}$

คำตอบที่ถูกคือข้อ 4

25. วิเคราะห์โจทย์ เขียนกราฟจากข้อมูลในตารางโดยให้ความเร็ว (v) เป็นแกนยืน ส่วนเวลา (t) เป็นแกนนอน



$$\text{slope} = \frac{0 - 20}{10 - 0} = -2$$

จาก y = mx + c

ได้ว่า v = -2t + 20

พิจารณาทีละตัวเลือก

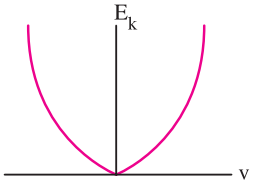
ก. เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ความเร็วลดลง **ข้อ ก ถูก**

ข. v = 4t + 20 **ข้อ ข ผิด**

ค. ความชันมีค่า -2 **ข้อ ค ถูก**

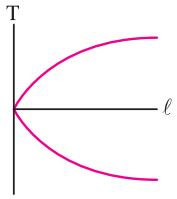
คำตอบที่ถูกคือข้อ 3

26. วิเคราะห์โจทย์ จากสมการ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ เมื่อ E_k เปรียบเหมือน y และ v เปรียบเหมือน x อาจเขียนในเทอมของ x, y ได้ว่า $y = kx^2$ เมื่อ $\frac{m}{2}$ คงที่ = k ซึ่งเป็นสมการของกราฟรูปพาราโบลา ดังรูป



คำตอบที่ถูกคือข้อ 3

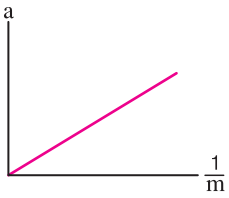
27. วิเคราะห์โจทย์



จาก $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ หรือ $T^2 = 4\pi^2\frac{\ell}{g}$ เมื่อ $\frac{4\pi^2}{g}$ คงที่ อาจเขียนได้ว่า $T^2 = k\ell$ ซึ่งเป็นสมการของกราฟรูปพาราโบลา ดังรูป

คำตอบที่ถูกคือข้อ 3

28. วิเคราะห์โจทย์



จากสมการ F = ma หรือ $a = \frac{F}{m}$ เมื่อ F คงที่อาจเขียนใหม่ได้ว่า $a = k(\frac{1}{m})$ เมื่อเขียนกราฟระหว่าง a กับ $\frac{1}{m}$ จะได้กราฟเส้นตรง k หรือ F เป็นค่าความชัน

คำตอบที่ถูกคือข้อ 1

29. วิเคราะห์โจทย์ จากสมการ $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$, หรือ $\frac{1}{s'} = -\frac{1}{s} + \frac{1}{f}$ เมื่อเทียบกับสมการเส้นตรง y = mx + c ได้ว่า $\frac{1}{s}$ คือ y, $\frac{1}{s'}$ คือ x, m = -1 และค่าคงที่ c คือ $\frac{1}{f}$ ดังนั้น กราฟระหว่าง $\frac{1}{s}$ และ $\frac{1}{s'}$ ได้กราฟเส้นตรง มีค่าความชันเท่ากับ -1 ดังรูป 2. **คำตอบที่ถูกคือข้อ 2**

30. วิเคราะห์โจทย์ จากข้อ 29 ความชันของกราฟ มีค่า -1 **คำตอบที่ถูกคือข้อ 1**

บทที่ 2
การเคลื่อนที่แนวตรง

2.1 ปริมาณทางฟิสิกส์

ในการศึกษาในวิชาฟิสิกส์พบว่า มีความเกี่ยวข้องกับปริมาณต่างๆ มากมาย โดยปริมาณเหล่านั้นจะแบ่งได้ 2 พวกใหญ่ๆ ดังนี้

1. **ปริมาณสเกลาร์** (Scalar quantity) **คือปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียวก็ได้ความหมายสมบูรณ์ ไม่ต้องบอกทิศทาง** เช่น ระยะทาง มวล เวลา ปริมาตร ความหนาแน่น งาน พลังงาน ฯลฯ การหาผลลัพธ์ของปริมาณสเกลาร์ ก็อาศัยหลักทางพีชคณิต คือ วิธีการ บวก ลบ คูณ หาร

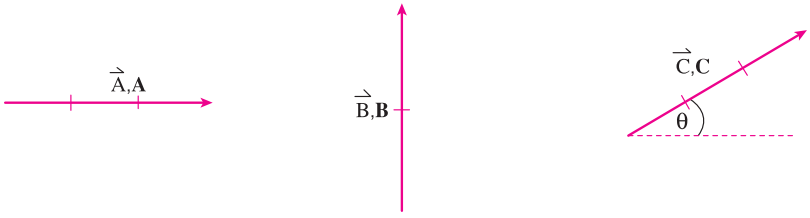
2. **ปริมาณเวกเตอร์** (Vector quantity) **คือ ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทางจึงจะได้ความหมายสมบูรณ์** เช่น การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม ฯลฯ การหาผลลัพธ์ของปริมาณเวกเตอร์ ต้องอาศัยวิธีการทางเวกเตอร์โดยต้องหาผลลัพธ์ทั้งขนาดและทิศทาง

2.2 ปริมาณเวกเตอร์

2.2.1 สัญลักษณ์ของปริมาณเวกเตอร์

การแสดงขนาดและทิศทางของปริมาณเวกเตอร์จะใช้ลูกศรแทน โดยขนาดของปริมาณเวกเตอร์ แทนด้วยความยาวของลูกศรตามอัตราส่วนที่เหมาะสม และทิศทางของปริมาณเวกเตอร์ แทนด้วยทิศทางของหัวลูกศร

สัญลักษณ์ของปริมาณเวกเตอร์ ใช้ตัวอักษรมีลูกศรครึ่งบนชี้จากซ้ายไปขวา หรือใช้ตัวอักษรทึบแสดงปริมาณเวกเตอร์ก็ได้ ดังรูป 2.1



รูป 2.1 แสดงเวกเตอร์ A, B และ C

จากรูป 2.1 เวกเตอร์ A ขนาด 3 หน่วย ไปทางทิศตะวันออก
เวกเตอร์ B ขนาด 2 หน่วย ไปทางทิศเหนือ
เวกเตอร์ C ขนาด 3 หน่วย ทำมุม θ กับแนวระดับ

2.2.2 *เวกเตอร์ที่เท่ากัน*

เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์เท่ากัน เมื่อเวกเตอร์ทั้งสองมีขนาดเท่ากันและทิศไปทางเดียวกันดังรูป 2.2

จากรูป 2.2 เวกเตอร์ A ($\vec{A}$) เท่ากับเวกเตอร์ B ($\vec{B}$)
เวกเตอร์ C ($\vec{C}$) เท่ากับเวกเตอร์ D ($\vec{D}$)

รูป 2.2 แสดงเวกเตอร์ที่เท่ากัน

2.2.3 *เวกเตอร์ตรงข้ามกัน*

เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ ตรงข้ามกัน เมื่อเวกเตอร์ทั้งสองมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงข้ามกันดังรูป 2.3

จากรูป 2.3 เวกเตอร์ A ($\vec{A}$) ตรงข้ามกับเวกเตอร์ B ($\vec{B}$) อาจเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $\vec{A} = -\vec{B}$ หรือ $\vec{B} = -\vec{A}$
เวกเตอร์ C ($\vec{C}$) ตรงข้ามกับเวกเตอร์ D ($\vec{D}$) อาจเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $\vec{C} = -\vec{D}$ หรือ $\vec{D} = -\vec{C}$

รูป 2.3 แสดงเวกเตอร์ตรงข้ามกัน

2.2.4 *การบวกลบเวกเตอร์*

การบวก - ลบปริมาณเวกเตอร์ หรือการหาเวกเตอร์ลัพธ์ สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. วิธีการเขียนรูป
2. วิธีการคำนวณ

1. การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูปแบบหางต่อหัว

การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูปแบบหางต่อหัว มีขั้นตอนดังนี้

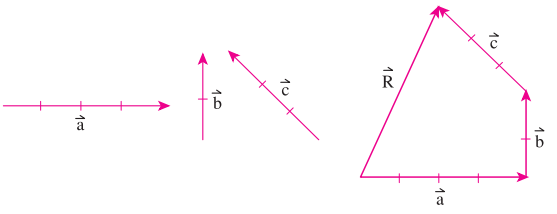
1.1 เขียนลูกศร แทนเวกเตอร์แรกตามขนาดและทิศทางที่กำหนด

1.2 นำหางลูกศร แทนเวกเตอร์ที่ 2 ต่อกับหัวลูกศรของเวกเตอร์แรก

1.3 นำหางลูกศรแทนเวกเตอร์ที่ 3 ต่อกับหัวลูกศรของเวกเตอร์ที่ 2

1.4 ถ้ามีเวกเตอร์ย่อยๆ อีก ให้นำเวกเตอร์อันต่อๆ ไป มากระทำดังข้อ 1.3 จนครบทุกเวกเตอร์

1.5 เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อยๆ เหล่านั้นหาได้โดยการลากลูกศรจากหางของเวกเตอร์แรกไปยังหัวลูกศรของเวกเตอร์อันสุดท้าย ลูกศรที่ลากนี้แทนทั้งขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์



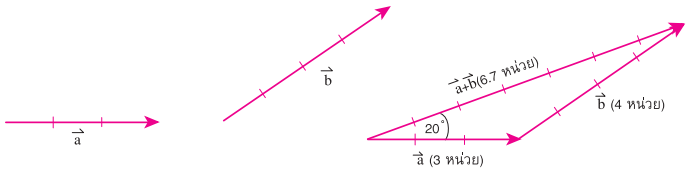
จากรูป 2.4 $\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$

ขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ คือความยาวของลูกศร $\vec{R}$ และทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ คือทิศทางของลูกศร $\vec{R}$

ข้อสรุป การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการเขียนรูป ให้นำเอาหางเวกเตอร์มาต่อกับหัวเวกเตอร์ที่ต้องการรวมกัน

รูป 2.4 แสดงการหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบหางต่อหัว

1. จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ของ a และ b โดยวิธีการเขียนรูป



จากการวัดขนาดของ $\vec{a} + \vec{b}$ ได้ 6.7 หน่วย มีทิศทำมุม 20° กับ $\vec{a}$

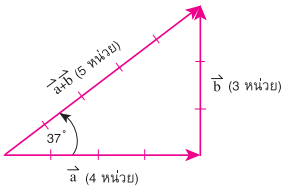
ดังนั้น เวกเตอร์ลัพธ์ของ $\vec{a}$ และ $\vec{b}$ มีขนาด 6.7 หน่วย ทำมุม 20° กับ $\vec{a}$

2. $\vec{a}$ และ $\vec{b}$ มีขนาดและทิศทางดังรูป จงหา

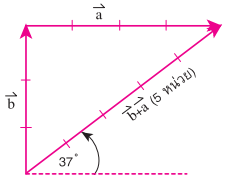
ก. $\vec{a} + \vec{b}$

ข. $\vec{b} + \vec{a}$

ก) $\vec{a} + \vec{b}$



ข) $\vec{b} + \vec{a}$



จากการวัดขนาดของ $\vec{a} + \vec{b}$ และ $\vec{b} + \vec{a}$ มีขนาด 5 หน่วย เท่ากันและทำมุมกับแนวระดับ 37° เท่ากัน

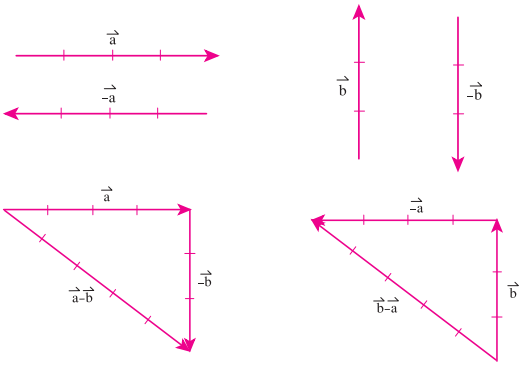
ดังนั้น $\vec{a} + \vec{b}$ และ $\vec{b} + \vec{a}$ มีขนาด 5 หน่วย ทำมุม 37° กับแนวระดับ

คุณสมบัติของการบวกเวกเตอร์ จากข้อ 2 ได้ว่า

$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$ **คุณสมบัติการสลับที่**

หรือ $\vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}) = (\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c}$ **คุณสมบัติการจัดหมู่**

การลบเวกเตอร์ ในทางเวกเตอร์การลบเวกเตอร์ไม่มี แต่มีการบวกเวกเตอร์ตรงข้ามซึ่งให้ผลลัพธ์เหมือนการลบเวกเตอร์ ดังรูป 2.5



จากรูปที่ 2.5 $\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$

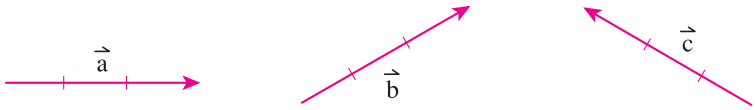
และ $\vec{b} - \vec{a} = \vec{b} + (-\vec{a})$

โดย $\vec{a} - \vec{b} \neq \vec{b} - \vec{a}$

แสดงว่า การลบเวกเตอร์ ไม่มีสมบัติการสลับที่

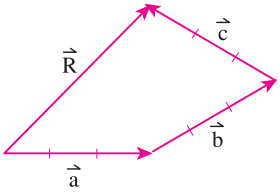
รูป 2.5 แสดงการลบเวกเตอร์โดยวิธีการวาดรูป

3. ตามรูปเป็นเวกเตอร์ $\vec{a}$, $\vec{b}$ และ $\vec{c}$ จงเขียนรูปเวกเตอร์ลัพธ์ของ $\vec{a}$, $\vec{b}$ และ $\vec{c}$



วิเคราะห์โจทย์ 1. เมื่อมี $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$ สามารถหา $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$ ได้โดยการวาดรูปแบบหางต่อหัวโดยนำหาง $\vec{b}$ ต่อกับหัว $\vec{a}$ และหาง $\vec{c}$ ต่อกับหัว $\vec{b}$

2. เวกเตอร์ลัพธ์ของ $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$ หาได้โดยลากลูกศรจากหาง $\vec{a}$ ไปยังหัว $\vec{c}$



จากรูป $\vec{R} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$

ดังนั้น $\vec{R}$ เป็นเวกเตอร์ลัพธ์ของ $\vec{a}$, $\vec{b}$ และ $\vec{c}$

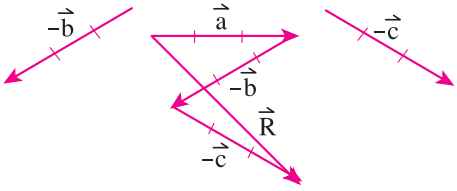
4. จากข้อ 3 จงเขียนรูปเวกเตอร์ลัพธ์ของ $\vec{a} - \vec{b} - \vec{c}$

วิเคราะห์โจทย์ 1. $\vec{a} - \vec{b} - \vec{c} = \vec{a} + (-\vec{b}) + (-\vec{c})$

$-\vec{b}$ คือเวกเตอร์ตรงข้ามของ $\vec{b}$

$-\vec{c}$ คือเวกเตอร์ตรงข้ามของ $\vec{c}$

2. เขียนรูป $-\vec{b}$ และ $-\vec{c}$

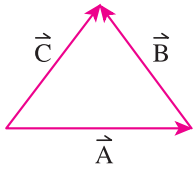


จากรูป $\vec{R} = \vec{a} + (-\vec{b}) + (-\vec{c})$

หรือ $\vec{R} = \vec{a} - \vec{b} - \vec{c}$

ดังนั้น $\vec{R}$ เป็นเวกเตอร์ลัพธ์ของ $\vec{a} - \vec{b} - \vec{c}$

5. จากรูปที่แสดงจะสรุปได้ว่าข้อใดเป็นจริง



ก. $\vec{A} = \vec{B} + \vec{C}$ **ข.** $\vec{B} = \vec{C} + \vec{A}$

ค. $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ **ง.** $\vec{A} = \vec{B} - \vec{C}$

จ. $\vec{B} = \vec{A} - \vec{C}$

วิเคราะห์โจทย์ การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปแบบหางต่อหัว เมื่อพิจารณาจากรูปหาง $\vec{B}$ ต่อกับหัว $\vec{A}$ จะได้ว่า $\vec{A} + \vec{B}$ และ $\vec{C}$ ลากจากหาง $\vec{A}$ ไปยังหัว $\vec{B}$ แสดงว่า $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$

ดังนั้น คำตอบที่ถูกคือข้อ ค.

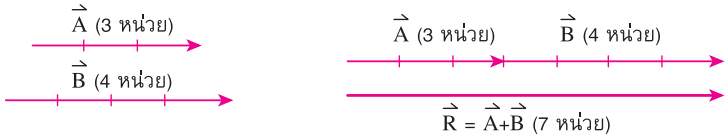
2. การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการคำนวณ

เนื่องจากการหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการวาดรูป ให้ผลลัพธ์ไม่แม่นยำ เพียงแต่ได้คร่าวๆ เท่านั้น เพราะถ้าลากความยาวหรือทิศทางลูกศรแทนเวกเตอร์คลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยผลของเวกเตอร์ลัพธ์ก็จะคลาดเคลื่อนไปด้วยแต่การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยการคำนวณจะให้ผลลัพธ์ถูกต้องแน่นอน

การหาเวกเตอร์ลัพธ์โดยวิธีการคำนวณจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 เมื่อมีเวกเตอร์ย่อยเพียง 2 เวกเตอร์เท่านั้น

(1) เวกเตอร์ทั้งสองไปทางเดียวกัน เวกเตอร์ลัพธ์มีขนาดเท่ากับผลบวกของขนาดเวกเตอร์ทั้งสอง ทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ไปทางเดียวกับเวกเตอร์ทั้งสอง



$\therefore \quad |\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{A}| + |\vec{B}|$

$\therefore \quad \mathbf{R = A + B}$

(2) เวกเตอร์ทั้งสองสวนทางกัน เวกเตอร์ลัพธ์มีขนาดเท่ากับผลต่างของขนาดเวกเตอร์ทั้งสอง ทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ไปทางเดียวกับเวกเตอร์ที่มีขนาดมากกว่า

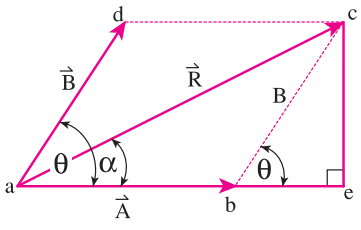
$\therefore \quad |\vec{A} + \vec{B}| = |\vec{B}| - |\vec{A}|$

$\therefore \quad \mathbf{R = B - A}$ **เมื่อ** $\mathbf{B > A}$

$\mathbf{R = A - B}$ **เมื่อ** $\mathbf{A > B}$

ข้อสรุป เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์สองเวกเตอร์มีขนาดมากที่สุดเมื่อ เวกเตอร์ทั้งสองมีทิศทางไปทางเดียวกัน และมีขนาดน้อยที่สุดเมื่อเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกัน

(3) เวกเตอร์ทั้งสองทำมุม θ ต่อกัน ถ้าเวกเตอร์สองเวกเตอร์ทำมุม θ ต่อกันที่จุดๆ หนึ่ง สามารถหาเวกเตอร์ลัพธ์ได้โดยเขียนรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่มีเวกเตอร์ย่อยทั้งสองเป็นด้านของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่ประกอบ ณ จุดนั้น จะได้ **เวกเตอร์ลัพธ์มีขนาดและทิศทางตามแนวเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่ลากจากจุดที่เวกเตอร์ทั้งสองกระทำต่อกัน** ดังรูป



จากรูป ให้ $\vec{A}$ มีขนาด A(ab)

$\vec{B}$ มีขนาด B(bc หรือ ad)

$\vec{R}$ มีขนาด R(ac)

$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$ (จากการวาดรูปแบบหางต่อตัว)

จาก Δ aec

$ac^2 = ae^2 + ec^2$

$ac^2 = (ab + be)^2 + ec^2$

$ac^2 = (ab + bc\cos\theta)^2 + (bc\sin\theta)^2$

$R^2 = (A + B\cos\theta)^2 + (B\sin\theta)^2$

$= A^2 + 2AB\cos\theta + B^2\cos^2\theta + B^2\sin^2\theta$

$R^2 = A^2 + B^2(\sin^2\theta + \cos^2\theta) + 2AB\cos\theta$

จาก $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$ จะได้ว่า

$R^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta$

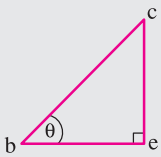
จาก Δ bec

$\sin\theta = \frac{ec}{bc}$

$ec = bc\sin\theta$

$\cos\theta = \frac{be}{bc}$

$be = bc\cos\theta$



$$\therefore R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$$

หาทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ (R) จากรูป

จาก Δaec ; $\tan\alpha = \frac{ec}{ae}$

$= \frac{ec}{ab + be}$

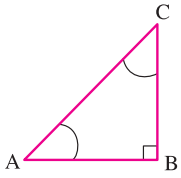
$$\tan\alpha = \frac{B\sin\theta}{A + B\cos\theta}$$

เมื่อ α คือมุมระหว่าง $\vec{R}$ กับ $\vec{A}$

คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้มากในวิชาฟิสิกส์คือ ตรีโกณมิติ ซึ่งเป็นความรู้พื้นๆ เช่น

1. การใช้สามเหลี่ยมมุมฉากในการหาค่าของฟังก์ชันตรีโกณมิติ ซึ่งมีเนื้อหาสาระดังนี้



จากรูป ΔABC มีมุม B เป็นมุมฉาก

เมื่อพิจารณามุม A โดยมี

AB เป็นด้านประชิดของมุม A

BC เป็นด้านตรงข้ามของมุม A

AC เป็นด้านตรงข้ามมุมฉาก

ได้ว่า $\sin A = \frac{BC}{AC}$

$\cos A = \frac{AB}{AC}$

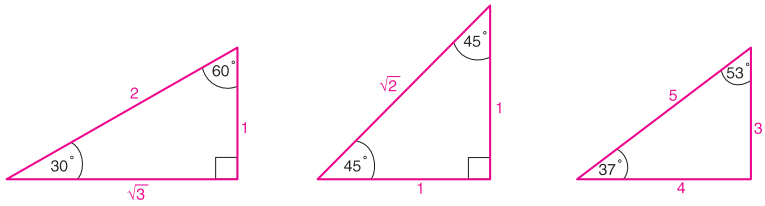
$\tan A = \frac{BC}{AB} = \frac{\sin A}{\cos A}$

$\operatorname{cosec} A = \frac{AC}{BC} = \frac{1}{\sin A}$

$\sec A = \frac{AC}{AB} = \frac{1}{\cos A}$

$\cot A = \frac{AB}{BC} = \frac{1}{\tan A} = \frac{\cos A}{\sin A}$

2. ค่าฟังก์ชันตรีโกณมิติที่ควรจำ ในทางฟิสิกส์ฟังก์ชัน sin, cos และ tan ที่ใช้บ่อยๆ ก็คือ ฟังก์ชัน sin, cos และ tan ที่ได้จากสามเหลี่ยมมุมฉาก 3 รูปข้างล่างนี้



ตารางแสดงค่าฟังก์ชันตรีโกณมิติ

ฟังก์ชัน	30°	45°	60°	37°	53°
sin	1/2	$1/\sqrt{2}$	$\sqrt{3}/2$	3/5	4/5
cos	$\sqrt{3}/2$	$1/\sqrt{2}$	1/2	4/5	3/5
tan	$1/\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$	3/4	4/3

ฟังก์ชัน	0°	90°	180°	270°	360°
sin	0	1	0	-1	0
cos	1	0	-1	0	1
tan	0	∞	0	-∞	0

6. $\vec{A}$ มีขนาด 10 หน่วย และ $\vec{B}$ มีขนาด 6 หน่วย อยากทราบว่าเวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ทั้งสอง มีขนาดมากที่สุดและน้อยที่สุดเท่าใด

วิเคราะห์โจทย์ เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีขนาดมากที่สุดเมื่อเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน และมีขนาดน้อยที่สุดเมื่อเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศตรงข้ามกัน

ดังนั้น $\vec{A} + \vec{B} = 10 + 6$ (A, B มีทิศทางเดียวกัน)

$= \mathbf{16}$ **หน่วย**

และ $\vec{A} - \vec{B} = 10 - 6$ ($\vec{A}$, $\vec{B}$ มีทิศทางตรงข้ามกัน)

$= \mathbf{4}$ **หน่วย**

ดังนั้น เวกเตอร์ลัพธ์ของ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$ มีขนาดมากที่สุด 16 หน่วยและน้อยที่สุด 4 หน่วย

7. จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ 10 หน่วย และ 12 หน่วย ทำมุม 60° ซึ่งกันและกัน

วิเคราะห์โจทย์ เขียนรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานเพื่อหาเวกเตอร์ลัพธ์ โดยใช้สูตร

จาก $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$

แทนค่า $R = \sqrt{10^2 + 12^2 + 2(10)\ (12)\ \cos 60^\circ}$

$= \sqrt{100 + 144 + 240\ (\frac{1}{2})}$

$\therefore\ R = \sqrt{364} = 19.08$ หน่วย

หาทิศทางของ $\vec{R}$

จาก $\tan\alpha = \frac{B\sin\theta}{A + B\cos\theta}$

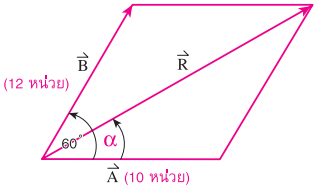
$= \frac{12\sin60^\circ}{10 + 12\cos60^\circ}$

$= \frac{12\ (\sqrt{3}/2)}{10 + 12\ (1/2)}$

$= \frac{6\sqrt{3}}{16} = 0.6495$

$\alpha = \tan^{-1} 0.6495$

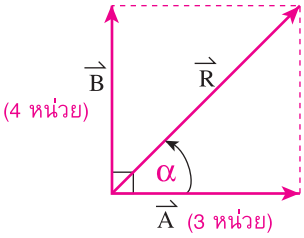
$\therefore\ \alpha = 33^\circ$ **(เปิดตารางดู)**



ดังนั้น เวกเตอร์ลัพธ์มีขนาด 19.08 หน่วย ทำมุม $\tan^{-1}$ 0.6495 (หรือ 33°) กับเวกเตอร์ 10 หน่วย

8. เวกเตอร์ 3 และ 4 หน่วย ทำมุมฉากต่อกัน จงหาเวกเตอร์ลัพธ์

วิเคราะห์โจทย์ เมื่อรู้ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ทั้งสอง สามารถหาเวกเตอร์ลัพธ์ได้โดยการวาดรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและใช้สูตรคำนวณ



จาก $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$

$= \sqrt{3^2 + 4^2 + 2(3)\ (4)\ \cos90^\circ}$

$= \sqrt{9 + 16}$

$\therefore\ R = 5$ **หน่วย**

หาทิศทางของ R

จาก $\tan\alpha = \frac{B\sin\theta}{A + B\cos\theta}$

$= \frac{4\sin90^\circ}{3 + 4\cos90^\circ}$

$\tan\alpha = \frac{4}{3}$

$\therefore\ \alpha = \tan^{-1}\frac{4}{3} = 53^\circ$

ดังนั้น เวกเตอร์ลัพธ์มีขนาด 5 หน่วย ทำมุม 53° กับเวกเตอร์ 3 หน่วย

ข้อสังเกต1. เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อย 2 เวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากันจะอยู่ตรงกลางระหว่างเวกเตอร์ทั้งสอง

2. เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อย 2 เวกเตอร์ที่มีขนาดต่างกันจะอยู่ระหว่างเวกเตอร์ทั้งสองโดยอยู่ใกล้เวกเตอร์ที่มีขนาดมากกว่า

9. เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์น้อยที่สุด และมากที่สุดเท่ากับ 30 และ 210 หน่วย จงหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ เมื่อเวกเตอร์ทั้งสองตั้งฉากซึ่งกันและกัน

วิเคราะห์โจทย์ 1. เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีขนาดน้อยที่สุดเมื่อเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศตรงข้ามกัน

2. เวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ มีขนาดมากที่สุดเมื่อเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศไปทางเดียวกัน

3. เมื่อรู้ขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ สามารถหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ได้จากสูตร

กำหนดให้เวกเตอร์ย่อย 2 เวกเตอร์ มีขนาด A และ B เมื่อ A > B

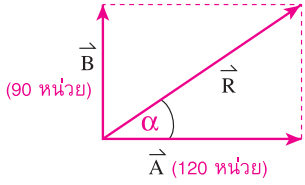
จากโจทย์ $A - B = 30$ ..... (1)

และ $A + B = 210$ ..... (2)

(1) + (2) ; $2A = 240$

$A = 120$ หน่วย

แทนค่า A ใน (2) ได้ว่า $B = 90$ หน่วย



เมื่อ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$ ทำมุม 90° ต่อกัน

จาก $R = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$

$= \sqrt{(120)^2 + (90)^2 + 2(120)(90)\cos 90^\circ}$

$\therefore \quad R = 150$ หน่วย

หาทิศทางของ R

จาก $\tan\alpha = \dfrac{B\sin\theta}{A + B\cos\theta}$

$= \dfrac{90\sin 90^\circ}{120 + 90\cos 90^\circ}$

$= \dfrac{90}{120}$

$\tan\alpha = \dfrac{3}{4}$

$\alpha = 37^\circ$

เมื่อ $\theta = 90^\circ$

$\tan\alpha = \dfrac{B}{A}$

$= \dfrac{90}{120}$

$\tan\alpha = \dfrac{3}{4}$

$\alpha = 37^\circ$

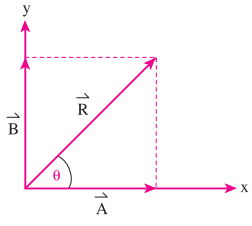
ดังนั้น เวกเตอร์ลัพธ์มีขนาด 150 หน่วย ทำมุม 37° กับเวกเตอร์ 120 หน่วย

(ข) เมื่อมีเวกเตอร์ย่อยมากกว่า 2 เวกเตอร์

จากหลักการรวมเวกเตอร์ เมื่อมีเวกเตอร์ย่อย 2 เวกเตอร์ สามารถรวมแล้วได้เวกเตอร์ลัพธ์ 1 เวกเตอร์ ในทำนองกลับกัน ถ้ามีเวกเตอร์ 1 เวกเตอร์ ก็สามารถแยกออกเป็นเวกเตอร์ย่อยได้ 2 เวกเตอร์ ซึ่งเวกเตอร์ย่อย 2 เวกเตอร์ อาจมีทิศทางหรือขนาดเท่าใดก็ได้ โดยอาศัยหลักการทางตรีโกณมิติ

การแยกเวกเตอร์ออกเป็นเวกเตอร์ย่อย 2 เวกเตอร์ตั้งฉากกัน

การแยกเวกเตอร์ $\vec{R}$ ออกเป็นเวกเตอร์ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$ ซึ่งตั้งฉากกัน

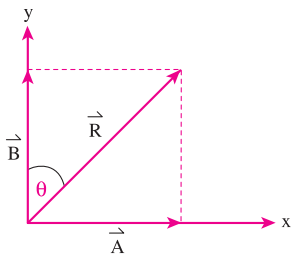


จาก $\cos\theta = \dfrac{A}{R}$

$A = R\cos\theta$

และ $\sin\theta = \dfrac{B}{R}$

$B = R\sin\theta$

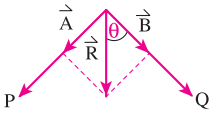


จาก $\cos\theta = \frac{B}{R}$

$B = R\cos\theta$

และ $\sin\theta = \frac{A}{R}$

$A = R\sin\theta$



จาก $\cos\theta = \frac{B}{R}$

$B = R\cos\theta$

และ $\sin\theta = \frac{A}{R}$

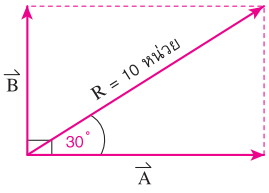
$A = R\sin\theta$

สรุปขั้นตอนการแยกเวกเตอร์

1. พิจารณาเวกเตอร์ที่ต้องการแยกว่าอยู่ระหว่างแกนตั้งฉาก 2 แกนใด
2. หามุมที่เวกเตอร์กระทำกับแกนใดแกนหนึ่ง
3. เวกเตอร์ที่แยกถ้าอยู่บนแกนใกล้มุมได้ เวกเตอร์นั้นตามด้วย cos ของมุมนั้น และเวกเตอร์ที่แยกถ้าอยู่บนแกนไกลมุมได้เวกเตอร์นั้นตามด้วย sine ของมุมนั้น

10. จากรูป จงหาเวกเตอร์ย่อย A และ B

วิเคราะห์โจทย์ หลักการแยกเวกเตอร์ $\vec{A}$ อยู่ใกล้มุม (30 ˚) ได้ cos และเวกเตอร์ B อยู่ไกลมุม (30 ˚) ได้ sine



ได้ว่า $A = R\cos 30^\circ$

$= 10\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\right)$

$\therefore A = 5\sqrt{3}$ **หน่วย**

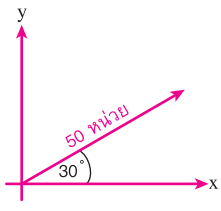
และ $B = R\sin 30^\circ$

$= 10\left(\frac{1}{2}\right)$

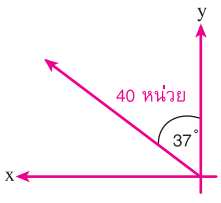
$\therefore B = 5$ **หน่วย**

ดังนั้น $\vec{A}$ และ $\vec{B}$ มีขนาด $5\sqrt{3}$ หน่วยและ 5 หน่วย ตามลำดับ

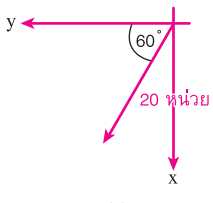
11. จากรูป จงหาเวกเตอร์ย่อยตามแกน x และแกน y ของเวกเตอร์ที่กำหนดให้



(1)



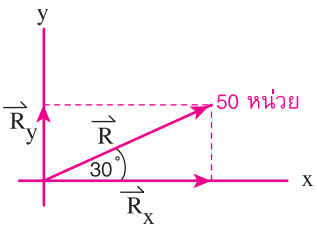
(2)



(3)

วิเคราะห์โจทย์ หลักการแยกเวกเตอร์ เวกเตอร์ย่อยบนแกนที่อยู่ใกล้มุม ได้ cos และเวกเตอร์ย่อย บนแกนที่อยู่ไกลมุมได้ sine

จากรูป 1



บนแกน x ; $R_x = R\cos 30^\circ$

$= 50\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

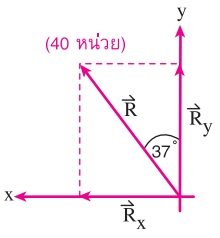
$\therefore R_x = 25\sqrt{3}$ **หน่วย**

บนแกน y ; $R_y = R\sin 30^\circ$

$= 50\left(\frac{1}{2}\right)$

$\therefore R_y = 25$ **หน่วย**

จากรูป 2



บนแกน x ; $R_x = R\sin 37^\circ$

$= 40\left(\frac{3}{5}\right)$

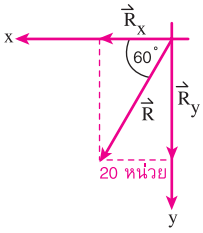
$\therefore R_x = 24$ **หน่วย**

บนแกน y ; $R_y = R\cos 37^\circ$

$= 40\left(\frac{4}{5}\right)$

$\therefore R_y = 32$ **หน่วย**

จากรูป 3



บนแกน x ; $R_x = R\cos 60^\circ$

$= 20\left(\frac{1}{2}\right)$

$\therefore R_x = 10$ **หน่วย**

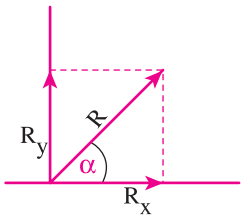
บนแกน y ; $R_y = R\sin 60^\circ$

$= 20\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

$\therefore R_y = 10\sqrt{3}$ **หน่วย**

การนำวิธีการแยกเวกเตอร์ไปใช้ในการหาเวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อยที่มีจำนวนมากกว่า 2 เวกเตอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งแกนตั้งฉากกัน 2 แกน ที่จุดตัดของเวกเตอร์เหล่านั้น (อาจเป็นแกน x และแกน y หรือแกนใดๆ ก็ได้ที่ตั้งฉากกัน)
2. แยกเวกเตอร์ย่อยๆ เหล่านั้นให้อยู่บนแกน x และแกน y
3. ถ้าเวกเตอร์หนึ่งเวกเตอร์ใด อยู่บนแกน x หรือแกน y แล้วไม่ต้องแยก
4. รวมเวกเตอร์ย่อยในแต่ละแกนให้เป็นเวกเตอร์ลัพธ์ เช่น
   - บนแกน x กำหนดทิศทางไปทางขวา (+x) เป็นบวก ทิศทางไปทางซ้าย (-x) เป็นลบ
   - บนแกน y กำหนดให้ทิศทางขึ้น (+y) เป็นบวก (+) ทิศทางลง (-y) เป็นลบ (-)
   - เวกเตอร์ลัพธ์ที่ได้จะมี 2 เวกเตอร์คือ เวกเตอร์ลัพธ์ทางแกน x (R_x) และเวกเตอร์ลัพธ์ทางแกน y (R_y)
5. หาขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ (R) ได้จาก $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$
6. หาทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ (R) ได้จาก $\tan\alpha = \frac{R_y}{R_x}$



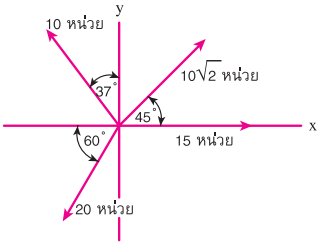
12. จงหาเวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ย่อยๆ ดังรูป

วิเคราะห์โจทย์ 1. แยกเวกเตอร์ย่อยๆ เหล่านั้นให้อยู่บนแกน x และแกน y

2. รวมเวกเตอร์ย่อยๆ บนแต่ละแกนได้เวกเตอร์ลัพธ์ 2 เวกเตอร์บนแกน x และแกน y ซึ่งตั้งฉากกัน

3. รวมเวกเตอร์ลัพธ์บนแกน x และแกน y เข้าด้วยกัน โดยการใช้สูตรหาเวกเตอร์ลัพธ์ของเวกเตอร์ทั้งหมด

จากการแยกเวกเตอร์ ได้ว่า



$$R_x = 15 + 10\sqrt{2}\cos 45^\circ - 10\sin 37^\circ - 20\cos 60^\circ$$
$$= 15 + 10\sqrt{2}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) - 10\left(\frac{3}{5}\right) - 20\left(\frac{1}{2}\right)$$
$$= 15 + 10 - 6 - 10$$
$$\therefore R_x = 9 \text{ หน่วย}$$

$$R_y = 10\sqrt{2}\sin 45^\circ + 10\cos 37^\circ - 20\sin 60^\circ$$
$$= 10\sqrt{2}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) + 10\left(\frac{4}{5}\right) - 20\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$
$$= 10 + 8 - 10\sqrt{3}$$
$$\therefore R_y = 0.68 \text{ หน่วย}$$

การหาขนาดของ $\vec{R}$

จาก $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

$$= \sqrt{(9)^2 + (0.68)^2}$$

$$\therefore \mathbf{R = 9.03 \text{ หน่วย}}$$

หาทิศทางของ $\vec{R}$

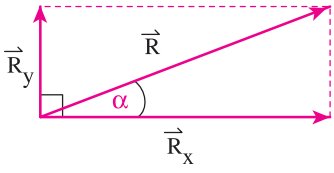
จาก $\tan\alpha = \frac{R_y}{R_x}$

$$= \frac{0.68}{9}$$

$$\tan\alpha = 0.076$$

$$\alpha = \mathbf{\tan^{-1} 0.076}$$

หรือ $\alpha = \mathbf{4.32^\circ}$ **(เปิดตารางดู)**



ดังนั้น เวกเตอร์ลัพธ์มีขนาด 9.03 หน่วย ทำมุม 4.32° เหนือแกน +x

2.3 การเคลื่อนที่ของวัตถุ

ถ้าเราสังเกตสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเรา จะพบว่าสิ่งต่างๆ เหล่านั้นมีการเคลื่อนที่ และการเคลื่อนที่ของสิ่งเหล่านั้นก็มีลักษณะแตกต่างกันไป การให้ความหมายของการเคลื่อนที่ อาจกล่าวได้ว่า การเคลื่อนที่ คือ การที่วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่งเมื่อเวลาผ่านไป สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่อย่างน้อยต้องประกอบด้วยตำแหน่งและเวลา ลักษณะการเคลื่อนที่อาจแบ่งได้หลายแบบ แล้วแต่การพิจารณา เช่น

1. **พิจารณาจากแนวทางการเคลื่อนที่** อาจจำแนกได้เป็น
   ก. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
   ข. การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง
2. **พิจารณาจากการวางตัวของวัตถุ** อาจจำแนกได้เป็น
   ก. การเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง
   ข. การเคลื่อนที่แบบหมุน
3. **การเคลื่อนที่แบบสั่น** เป็นการเคลื่อนที่ที่แตกต่างจากที่กล่าวข้างต้น เป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำรอยเดิม เช่น การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา, การแกว่งของชิงช้า

2.4 การบอกตำแหน่งของวัตถุสำหรับการเคลื่อนที่แนวตรง

ในการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ ตำแหน่งของวัตถุจะมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงต้องมีการบอกตำแหน่งของวัตถุและเพื่อความชัดเจน การบอกตำแหน่งของวัตถุจะต้องเทียบกับ **จุดอ้างอิง** หรือ **ตำแหน่งอ้างอิง** (reference point) ซึ่งเป็นจุดหรือตำแหน่งที่อยู่นิ่ง

การบอกตำแหน่งของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ตำแหน่งของวัตถุและจุดอ้างอิงจะอยู่บนแนวเส้นตรงเดียวกัน เราจะใช้เส้นจำนวนในการบอกตำแหน่งโดยให้จุด 0 เป็นจุดอ้างอิง

ระยะห่างของวัตถุจากจุดอ้างอิง (0) ไปทางขวามีทิศทางเป็นบวก (+)

ระยะห่างของวัตถุจากจุดอ้างอิง (0) ไปทางซ้ายมีทิศทางเป็นลบ (-)

ตัวอย่างการบอกตำแหน่งของจุด A, B และ C

ได้ว่าจุด A อยู่ ณ ตำแหน่ง +20 หน่วย เทียบกับจุด 0

จุด B อยู่ ณ ตำแหน่ง -60 หน่วย เทียบกับจุด 0

จุด C อยู่ ณ ตำแหน่ง +80 หน่วย เทียบกับจุด 0

2.5 ระยะทาง (Distance)

จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น รถ คน สัตว์ วัตถุตกในอากาศ พบว่าตำแหน่งของวัตถุมีการเปลี่ยนไปจากเดิม หรือกล่าวว่าวัตถุจะเลื่อนจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่ ซึ่งอาจเรียกการเคลื่อนที่เช่นนี้ว่า **การเคลื่อนที่แบบเลื่อนตำแหน่ง** (translational motion) ถ้าเราทราบตำแหน่งเริ่มต้น เส้นทางการเคลื่อนที่และตำแหน่งสุดท้ายของการเคลื่อนที่ ก็จะ**หาระยะทางได้จากความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่นั้น**

ระยะทางใช้สัญลักษณ์ **"S"** เป็นปริมาณสเกลาร์ มีแต่ขนาดอย่างเดียวไม่ต้องบอกทิศทางมีหน่วยเป็น **เมตร (m)**

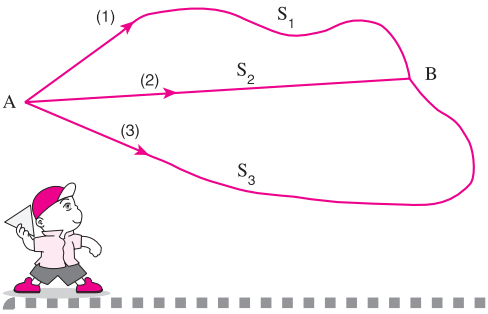
2.6 การกระจัด (Displacement)

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง การบอกตำแหน่งใหม่เทียบกับตำแหน่งเดิม เพื่อให้เข้าใจได้ถูกต้องชัดเจนต้องบอกทั้งระยะทางและทิศทาง **ปริมาณที่บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนตำแหน่ง** นี้เรียกว่า **การกระจัด (เดิมเรียกว่าการขจัด)**

การกระจัดใช้สัญลักษณ์ **“$\overrightarrow{S}$”** เป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็น**เมตร (m)**

การกระจัดหาได้จากเส้นตรง ที่เขียนหัวลูกศรกำกับโดยลากจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายของการเคลื่อนที่ ความยาวของเส้นตรงแทนขนาดของการกระจัดและทิศที่หัวลูกศรชี้จะแทนทิศของการกระจัด

ตัวอย่างการแสดงระยะทางและการกระจัด เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จาก A ไปยัง B ตามแนวเส้นทาง ดังรูป



จากรูป วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไป B 3 เส้นทาง จะได้ว่า

ตามเส้นทางที่ 1 ได้ระยะทาง = S_1 และได้การกระจัด = $\overrightarrow{S_2}$ ทิศจาก A ไป B

ตามเส้นทางที่ 2 ได้ระยะทาง = S_2 และได้การกระจัด = $\overrightarrow{S_2}$ ทิศจาก A ไป B

ตามเส้นทางที่ 3 ได้ระยะทาง = S_3 และได้การกระจัด = $\overrightarrow{S_2}$ ทิศจาก A ไป B

สรุป ระยะทางและการกระจัด

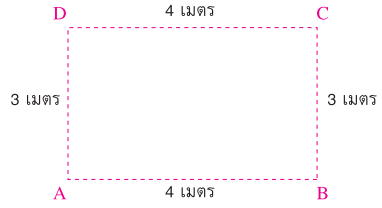
ระยะทางขึ้นอยู่กับเส้นทางการเคลื่อนที่

การกระจัดไม่ขึ้นอยู่กับเส้นทางการเคลื่อนที่

แต่จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้าย

ข้อสังเกต **การเคลื่อนที่โดยทั่วๆ ไป ระยะทางจะมากกว่าการกระจัดเสมอ ยกเว้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง การกระจัดจะมีขนาดเท่ากับระยะทางในบทนี้เราจะศึกษาเฉพาะการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวเส้นตรง ดังนั้นเราอาจใช้สัญลักษณ์ของการกระจัดและระยะทาง แทนด้วยตัว “S” เหมือนกัน**

13. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ตามเส้นรอบรูปสี่เหลี่ยม ABCD จงหาระยะทางและการกระจัด เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ตามเส้นรอบรูป



ก. จาก A ไป B

ข. จาก A ไป B และ B ไป C

ค. จาก A ไป B, B ไป C และ C ไป D

วิเคราะโจทย์ ระยะทางวัดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ ส่วนการกระจัดวัดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย

ก)

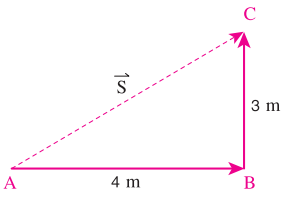
ระยะทาง (s) = AB

$\therefore$ **ระยะทาง = 4 m**

และการกระจัด $(\overrightarrow{s})$ = AB

$\therefore$ **การกระจัด = 4 m**

ข)



ระยะทาง (s) = AB + BC

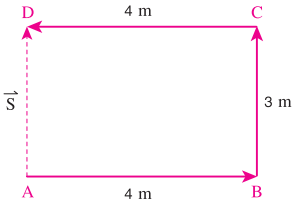
= 4 + 3

∴ **ระยะทาง = 7 m**

และ การกระจัด $(\overrightarrow{s})$ = AC

∴ **การกระจัด = 5 m**

ค)



ระยะทาง $(\overrightarrow{s})$ = AB + BC + CD

= 4 + 3 + 4

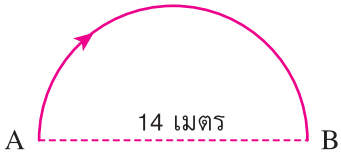
∴ **ระยะทาง = 11 m**

การกระจัด $(\overrightarrow{s})$ = AD

∴ **การกระจัด = 3 m**

14. วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไปยัง B ดังรูป จงหาระยะทางและการกระจัด

วิเคราะห์โจทย์ การแก้ปัญหาคล้ายข้อ 13



จากรูป ระยะทาง (S) = ความยาวครึ่งรอบวงกลม

= π R

= $\frac{22}{7} \times 7$

∴ **ระยะทาง = 22 เมตร**

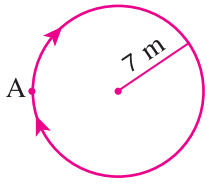
จากรูป การกระจัด $(\overrightarrow{S})$ = ความยาว AB

∴ **การกระจัด = 14 เมตร (ทิศจาก A ไป B)**

ดังนั้น ระยะทางของวัตถุเท่ากับ 22 เมตร และการกระจัดมีขนาด 14 เมตร ทิศจาก A ไป B

15. วัตถุเคลื่อนที่เป็นวงกลม มีรัศมีความโค้ง 7 เมตร เมื่อเคลื่อนที่ครบรอบพอดี จงหาระยะทางและการกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้

วิเคราะห์โจทย์ คล้ายข้อ 13



จากรูป ระยะทาง (S) = ความยาวเส้นรอบวง

= $2\pi R$

= $2 \times \frac{22}{7} \times 7$

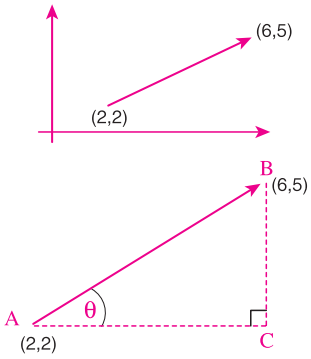
∴ **ระยะทาง = 44 m**

และ **การกระจัด $(\overrightarrow{S})$** = 0 (จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายอยู่ที่จุดเดียวกัน)

ดังนั้น ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ 44 เมตร และมีการกระจัดเท่ากับ 0

16. วัตถุเปลี่ยนตำแหน่งจาก (2, 2) ไปยังตำแหน่ง (6, 5) ดังรูป จงหาการกระจัดของวัตถุ

วิเคราะห์โจทย์ สร้างรูป Δ มุมฉากโดยลากเส้นตรงจากจุด (2, 2) ขนานแกน x และลากเส้นตรงจากจุด (6, 5) ขนานแกน y เส้นตรงทั้งสองตัดกันเป็นมุมฉาก



จากรูป BC = 5 - 2 = 3 หน่วย

AC = 6 - 2 = 4 หน่วย

ได้ว่า $AB = \sqrt{AC^2 + BC^2}$

$= \sqrt{4^2 + 3^2}$

$\therefore$ **AB = 5 หน่วย**

หามุม θ ; จาก $\tan\theta = \frac{BC}{AC}$

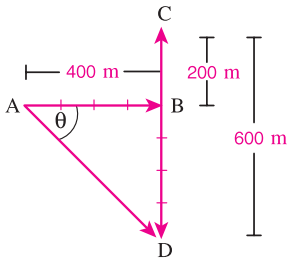
$= \frac{3}{4}$

$\therefore \theta = 37^\circ$

ดังนั้น การกระจัดของวัตถุมีขนาด 5 หน่วย ทำมุม 37° กับแนวระดับ

17. นายเด่อออกเดินทางจากจุด A ไปทางทิศตะวันออก 400 เมตร แล้วเดินต่อไปทางเหนือ 200 เมตร แล้วเดินต่อไปทางใต้ 600 เมตร จงหาการกระจัดของนายเด่อ

วิเคราะห์โจทย์ เขียนรูปการเคลื่อนที่ตามโจทย์กำหนด แล้วหาการกระจัดตามหลักการหาเวกเตอร์ลัพธ์



จากรูป AB = 400 m

BD = 600 - 200

= 400 m

การกระจัด $(\vec{S})$ = AD

$= \sqrt{AB^2 + BD^2}$

$= \sqrt{400^2 + 400^2}$

$\therefore$ **การกระจัด** $= 400\sqrt{2}$ **m**

หาทิศทางการกระจัด

จากรูป $\tan\theta = \frac{BD}{AB}$

$= \frac{400}{400}$

$\tan\theta = 1$

$\therefore \boldsymbol{\theta} = 45^\circ$

ดังนั้น การกระจัดของนายเด่อมีขนาด $400\sqrt{2}$ เมตร ทำมุมทิศตะวันออกเฉียงใต้

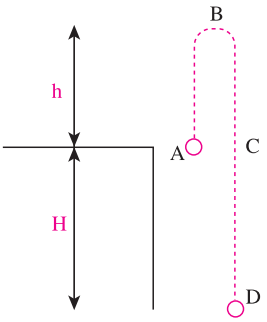
18. โยนวัตถุขึ้นในแนวดิ่งจากหน้าผาสูง H วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดจากหน้าผาเป็นระยะทาง h และตกถึงพื้นดังรูป ต้องการหาระยะทางและการกระจัดของวัตถุ

วิเคราะห์โจทย์

1. ระยะทาง (S) = ความยาวตามเส้นทางการเคลื่อนที่
2. การกระจัด $(\vec{S})$ = ระยะห่างของจุดสุดท้ายจากจุดเริ่มต้น

จากรูป ระยะทาง (S) = h + h + H

= 2h + H



และ การกระจัด $(\overrightarrow{S})$ = H ทิศทางลงจาก A ไป D

ดังนั้น ระยะทางของวัตถุ 2h + H และการกระจัดของวัตถุมีขนาด H มีทิศลง

2.7 อัตราเร็ว (Speed)

เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ ปริมาณที่จะบอกได้ว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่เร็วมากหรือน้อยคือ อัตราเร็วซึ่งโดยทั่วๆ ไปอัตราเร็ว หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น เมตร - วินาที (m/s) สัญลักษณ์ คือ v อัตราเร็วอาจแบ่งออกได้ 3 ประเภทดังนี้

2.7.1 อัตราเร็วเฉลี่ย (v_{av}) หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (ในช่วงเวลาหนึ่งที่กำลังพิจารณาเท่านั้น) จากนิยามเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$v_{av} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

หรือ $$v_{av} = \frac{s}{t}$$

$\Delta t = t_2 - t_1$

t_1 = เวลาเริ่มต้น

t_2 = เวลาสุดท้าย

เมื่อ Δs, s คือ ระยะทางเคลื่อนที่ได้

Δt, t คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

v_{av} คือ อัตราเร็วเฉลี่ย

2.7.2 อัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง (v_t) คือ **อัตราเร็ว ณ เวลาใดเวลาหนึ่งหรืออัตราเร็วที่จุดใดจุดหนึ่ง** หมายถึง ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เมื่อช่วงเวลาที่เคลื่อนที่น้อยมากๆ (Δt เข้าใกล้ศูนย์) ได้ว่า

$$v_t = \frac{\Delta s}{\Delta t} \qquad (\Delta t \rightarrow 0)$$

การหาอัตราเร็วขณะใดขณะหนึ่ง สามารถหาได้จากกราฟของ S กับ t หรือจากเรื่องเครื่องเคาะสัญญาณเวลา

2.7.3 อัตราเร็วคงที่ (v) เป็นการบอกให้ทราบว่าวัตถุมีการเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะพิจารณาในช่วงเวลาใดๆ **หาได้จากระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในเวลาหนึ่งหน่วย**

ได้ว่า $$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$